This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

WIDENER LIBRARY
HX GNYB 5

Harvard University

LIBRARY OF THE

CHEMICAL DEPARTMENT

SCIENCE CENTER LIBRARY

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

30514 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

PUBLIÉ PAR LES SOINS

DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES,

AVEC L'AUTORISATION

DU MINISTRE DE LA GUERRE.

TOME ONZIÈME.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1901

(Tous droits réservés.)

Sci 1380.96

Chem. Lab

DEC 5, 1935
HARVARD UNIVERSITY
CHEMICAL LABORATORY
Degraissund
(11)
DISCARDED

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS TECHNIQUES.

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

RAPPORT N° 143. — 10 JANVIER 1901.

SUR LE

BOURRAGE DES COUPS DE MINE.

Par dépêche n° 625, du 26 janvier 1900, M. le Ministre de la Guerre a saisi la Commission des Substances explosives de l'étude de la question du bourrage des coups de mine, au point de vue de la nature des matières qui peuvent être employées ou dont l'usage doit être interdit, notamment en ce qui concerne le sable.

A la dépêche ministérielle était joint un extrait des registres de délibérations du Conseil général des Mines, définissant complètement le problème soumis à l'examen de la Commission.

Programme des essais. — Avant d'indiquer le programme d'essais élaboré par la Commission, on rappellera le passage de la délibération du Conseil général des Mines qui a servi de base à l'étude actuelle :

« Dans la séance du 3 novembre 1899, M. le Président appelle l'attention du Conseil sur la question de savoir s'il convient bien, dans l'emploi des explosifs de sûreté, de maintenir l'exclusion du bourrage au sable et l'obligation de n'employer que des matières plastiques; il se demande si cette obligation est bien respectée et si le sable ne présente pas assez d'avantages, comme s'opposant mieux à ce que les coups fassent canon, pour être employé au moins dans les coups tirés à l'électricité, où l'on ne court pas le

risque d'enflammer la mèche par les étincelles ou par l'élévation de température résultant du choc du bourroir sur le sable ou de la compression de celui-ci.

» M. Worms de Romilly est d'avis que le bourrage au sable ne devrait pas être interdit, le sable réalisant un bourrage beaucoup meilleur que les matières plastiques et s'opposant beaucoup plus efficacement à ce que les coups débourrent en faisant canon, ce qui a une très grande importance dans les mines à grisou ou à poussières inflammables.

» M. Aguillon fait connaître que la Commission du grisou s'est depuis longtemps occupée de cette question, sans avoir pu encore aboutir à des résultats bien décisifs. A la suite d'expériences faites par M. Ramu, exploitant des carrières de trapp de Raon-l'Étape, et tendant à établir tant l'immunité que les avantages du bourrage au sable, M. Sarrau a procédé, au Laboratoire des Poudres et Salpêtres, à des expériences desquelles il semble résulter que le bourrage à l'argile s'opposerait un peu plus efficacement que le bourrage au sable à l'inflammation par frottement d'une charge de dynamite intercalée dans le bourrage. M. Aguillon estime qu'il serait nécessaire, pour élucider définitivement la question, de se placer, pour ces expériences, dans des conditions aussi rapprochées que possible de la pratique de l'exploitation; il faudrait se rendre compte des risques qu'il peut y avoir à ce qu'il reste le long des parois du trou, après enfoncement de la cartouche, des fragments d'explosif ou des traînées de nitroglycérine, et à ce que le bourrage en détermine ensuite l'inflammation; il y aurait intérêt également à s'assurer de la supériorité qu'offrirait le sable, par rapport aux matières plastiques, pour empêcher les coups de faire canon.

» M. Aguillon fait observer, d'ailleurs, que la question du bourrage est une question générale, qui n'intéresse pas seulement les mines grisouteuses ou poussiéreuses, et qu'il convient de la disjoindre et d'en faire une étude à part. »

D'après cet exposé, la Commission avait à comparer la valeur des divers bourrages au point de vue de l'utilisation des explosifs et au point de vue des dangers à redouter. Ces dangers sont de deux sortes : ils peuvent provenir soit de l'inflammation par fric-

tions de traînées d'explosif restées le long des parois du trou de mine, soit de l'inflammation de mélanges grisouteux à la suite d'un débourrage.

Les essais de la Commission ont été divisés en trois parties :

I. Comparaison des divers bourrages au point de vue de l'utilisation des explosifs;

II. Comparaison des bourrages au point de vue des dangers de débourrage;

III. Comparaison des bourrages au point de vue des dangers d'inflammation par frictions.

On résumera successivement ces différents essais.

I. — Comparaison des bourrages au point de vue de l'utilisation des explosifs.

Pour effectuer cette comparaison, on s'est servi de blocs Abel en employant différents bourrages et mesurant les augmentations de volume obtenues dans les mêmes conditions de chargement.

Ce procédé présente l'avantage de rendre les essais faciles, précis et comparables entre eux, le plomb fondu possédant toujours les mêmes propriétés. En revanche, le procédé a l'inconvénient de s'éloigner sensiblement des conditions d'emploi pratique des explosifs : d'abord, les charges sont nécessairement très faibles et, de plus, les frottements d'un bourrage le long des parois métalliques peuvent différer beaucoup de ceux qui se produiraient dans un trou de mine ordinaire.

Toutefois, la Commission a pensé que la méthode précédente pouvait fournir d'utiles renseignements, à défaut d'essais d'exploitation courante, qu'il lui était impossible de réaliser.

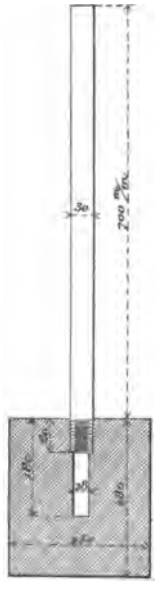
Détail des essais. — Les blocs de plomb employés avaient les dimensions ordinaires des blocs Abel, c'est-à-dire 28^{cm} de hauteur et 25^{cm} de diamètre. Le canal central avait 28^{mm} de diamètre et une profondeur qui a varié de 14^{cm} à 18^{cm}, suivant les essais.

Dans le but d'augmenter la hauteur du bourrage, on a, dans quelques expériences, muni les blocs d'un tube en fer vissé dans le plomb, ainsi que l'indique le croquis (*fig.* 1). Ce tube avait un diamètre intérieur de 30^{mm} et sa hauteur était de $0^{m},70$.

Pour chaque essai, la charge d'explosif, soigneusement pesée,

formait une petite cartouche dans laquelle pénétrait le détonateur au fulminate, et qu'on enfonçait au fond du trou avec un bourroir en bronze. La compression était réglée de manière à assurer toujours une même densité de chargement avec un même

Fig. 1.



explosif. Le bourrage était ensuite introduit et tassé avec le bourroir de la façon habituelle. La mise de feu était obtenue au moyen d'une mèche Bickford.

Après la détonation, les volumes des globes étaient jaugés à l'eau, puis les blocs étaient sciés suivant leur axe, de manière à rendre visibles les soufflures qui auraient pu, dans les blocs mal fondus, fausser les résultats des essais.

Les matières étudiées comme bourrages ont été les suivantes :

1° Le sable quartzeux sec, finement pulvérisé;

2° L'argile sèche;

3° L'eau;

4° Le sable ordinaire de plaine, à l'état humide;

5° L'argile délayée dans l'eau et formant une matière plastique ayant à peu près la consistance du mastic de vitrier.

Les explosifs dont on s'est servi pour les essais sont : la dynamite grisoutine, à 12 pour 100 de nitroglycérine; la grisoutine couche Favier, à 4,5 pour 100 de trinitronaphtaline; la grisoutine roche Favier, à 8,5 pour 100 de binitronaphtaline, et enfin, la dynamite gomme de Cugny, à 92 pour 100 de nitroglycérine.

Résultats des essais. — Ces résultats sont indiqués dans le Tableau suivant :

NATURE DU BOURRAGE.	HAUTEUR du bourrage.	NATURE de l'explosif.	POIDS de l'explosif.	POIDS de l'amorce au fulminate.	AUGMENTATION totale de volume.	OBSERVATIONS.
Première série d'essais.						
	cm		gr	gr	cm³	
Sable sec.....	13	Grisoutine couche Favier	5	1	71 } 69	Débourrage.
Id.	13		5	1	67 }	Id.
Argile sèche.....	13		5	1	69 } 71	Id.
Id.	13		5	1	73 }	Id.
Deuxième série.						
Sable sec....	13	Dynamite 12 pour 100.	5	1	82	Débourrage. Essais
Argile sèche....	13		5	1	88	Id. faits en
Eau.....	13		5	1	87	Id. juillet.
Sable fin et sec.....	13		5	1	71	Débourrage. Essais
Argile sèche.....	13		5	1	68	Id. faits en
Eau.....	13		5	1	73	Id. sept^bre.
Troisième série.						
Sable ordinaire humide.	14	Dynamite 12 pour 100	10	1,5	170	Débourrage.
Argile plastique.....	14	Id.	10	1,5	211	Id.
Sable ordinaire.....	14	Grisoutine couche.	10	1,5	167	Id.
Argile plastique.....	14	Id.	10	1,5	206	Id.
Sable ordinaire.....	14,5	Grisoutine roche.	10	1,5	256	Id.
Argile plastique.....	14,5	Id.	10	1,5	295	Id.
Sable ordinaire.....	15	Dynamite gomme.	10	1,5	401	Id.
Argile plastique.....	15	Id.	10	1,5	450	Id.

NATURE DU BOURRAGE.	HAUTEUR du bourrage.	NATURE de l'explosif.	POIDS de l'explosif.	POIDS de l'amorce au fulminate.	AUGMENTATION totale de volume.	OBSERVATIONS.
		Quatrième serie.				
Argile plastique.	14 cm	Dynamite 12 pour 100.	10 gr	1,5 gr	224 cm³	Débourrage.
Argile plastique..... / Sable ordinaire.....	½ / ½ 14	Id.	10	1,5	219	Id.
Argile plastique.....	14	Grisoutine couche.	10	1,5	216	Id.
Argile plastique..... / Sable ordinaire.....	½ / ½ 14	Id.	10	1,5	207	Id.
Argile plastique.....	14	Grisoutine roche.	10	1,5	303	Id.
Argile plastique..... / Sable ordinaire.....	½ / ½ 14	Id.	10	1,5	297	Id.
Argile plastique.....	14,5	Dynamite gomme.	10	1,5	457	Id.
Argile plastique..... / Sable ordinaire.....	½ / ½ 14,5	Id.	10	1,5	426	Id.
		Cinquième série.				
Sable ordinaire.....	Bloc avec tube en fer 48	Dynamite 12 pour 100.	10	1,5	167	Débourrage.
Argile plastique.....	Id.	Id.	10	1,5	179	Id.
Sable ordinaire.....	47	Grisoutine couche Favier	10	1,5	193	Id.
Argile plastique.....	Id.	Id.	10	1,5	216	Id.
Sable ordinaire.....	48	Grisoutine roche Favier.	10	1,5	239	Tube en fer projeté en l'air, à grande hauteur; filets arrachés dans le plomb.
Argile plastique.....	Id.	Id.	10	1,5	299	Id.

NATURE DU BOURRAGE.	HAUTEUR du bourrage.	NATURE de l'explosif.	POIDS de l'explosif.	POIDS de l'amorce au fulminate.	AUGMENTATION totale de volume.	OBSERVATIONS.
				Sixième série.		
Sable sec.....	Bloc avec tube en fer 80cm	Dynamite 12 pour 100.	gr 10	gr 1,5	cm³ 141 / 126 } 133,5	Débourrage. Tube en fer fondu. Débourrage.
Argile sèche.....	Id.	Id.	10	1,5	138 / 145 } 141,5	Débourrage. Les gaz ont suivi le passage de la mèche. Il reste dans le tube un tampon très dur d'argile comprimée.
Sable ordinaire.....	Id.	Id.	10	1,5	146 / 154 } 150	Débourrage. Une partie du sable est restée au fond des tubes, formant un tampon percé, suivant la mèche, d'un canal par où se sont échappés les gaz.
Argile plastique.....	Id.	Id.	10	1,5	171 / 169 } 170	Débourrage. Débourrage. Tube fissuré.

On voit par ces chiffres que, dans les conditions expérimentales où l'on s'est placé, le meilleur bourrage est constitué par l'argile plastique, quels que soient l'explosif employé et la hauteur du bourrage admise. Les bourrages au sable, à l'argile sèche et à l'eau se sont montrés nettement inférieurs au bourrage à l'argile humide.

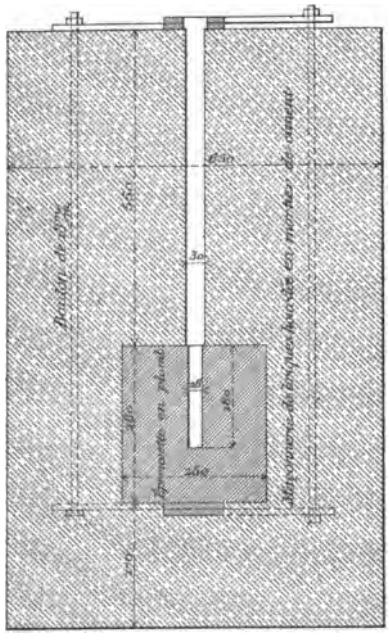
Dans tous les essais précédents, le trou de mine était percé dans un bloc métallique. Les parois étaient, par suite, très lisses et les frottements se trouvaient réduits au minimum. La Commission a jugé nécessaire de procéder à quelques essais complémentaires, dans des conditions diamétralement opposées, en fai-

sant détoner les explosifs dans des trous de mine à parois aussi rugueuses que possible, à l'aide du dispositif suivant :

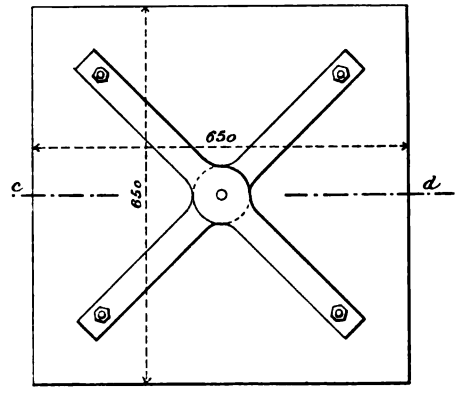
Un bloc d'Abel était complètement encastré dans une maçonnerie de briques munie d'un canal prolongeant le trou du bloc de plomb. Des ferrures, représentées dans le croquis ci-dessous, augmentaient la liaison entre le plomb et la maçonnerie, de manière à constituer un bloc très résistant, de forme parallélépipédique de $0^m,65$ de côté et $0^m,90$ de hauteur.

Fig. 2.

Coupe verticale suivant *cd*.



Plan.



Les briques qui formaient les parois du canal central avaient été grossièrement taillées et présentaient de nombreuses rugosités.

Une expérience préliminaire ayant montré qu'on pourrait faire détoner une cartouche de 50^{gr} de grisoutine roche au centre d'un pareil bloc sans briser le plomb, on opéra sur ce poids d'explosif, qui se rapproche un peu des charges pratiques. Le bourrage, de 60^{cm} environ de hauteur, ne pénétrait que de 6^{cm} dans le plomb et se trouvait presque tout entier dans la maçonnerie de briques.

Quant à l'explosif, il détonait au milieu du plomb et le globe obtenu pouvait, par suite, se mesurer facilement avec beaucoup d'exactitude.

On a obtenu les résultats suivants :

NATURE du bourrage.	DATES des essais.	HAUTEUR du bourrage.	NATURE de l'explosif.	POIDS de l'explosif.	POIDS de l'amorce au fulminate.	AUGMENTATION de volume.	OBSERVATIONS.
Sable ordinaire.	14 décembre 1900 (temps chaud).	61 cm	Grisoutine roche Favier	50 gr	1 gr,5	1549 cm³	La maçonnerie est entièrement détruite.
Argile plastique	Id.	61	Id.	50	1,5	1440	Id.
Sable ordinaire.	5 janvier 1901 (temps très froid).	58	Id.	50	1,5	1325	Partie supérre de la maçonnerie séparée en quatre morceaux.
Argile plastique	Id.	58	Id.	50	1,5	1268	Id.

Dans ces nouvelles conditions d'expériences, qui se rapprochent davantage des conditions pratiques, le bourrage au sable s'est montré supérieur au bourrage à l'argile plastique.

En résumé, il résulte des essais de la Commission que les matières constituant les meilleurs bourrages sont variables avec les conditions d'emploi. Il est donc difficile d'attribuer une supériorité marquée à l'un quelconque des types de bourrage étudiés.

Toutefois, il semble que, dans la pratique, le sable ordinaire est préférable à l'argile, contrairement aux conclusions qu'on aurait pu tirer des essais dans les blocs Abel.

II. — Comparaison des bourrages au point de vue des dangers de débourrage.

Les essais résumés dans le Chapitre précédent montrent que l'on a toujours eu débourrage dans les blocs Abel, même avec des charges faibles (10 gr d'explosif) et des hauteurs de bourrage considérables, allant jusqu'à 80 cm. Les blocs de plomb, dans lesquels aucune fuite de gaz ne peut se produire, se prêtent donc mal à la

comparaison des différentes matières au point de vue du débourrage.

La Commission a cependant essayé de faire des expériences dans le plomb en pratiquant dans les blocs un canal, de faible diamètre, qui aurait remplacé les fissures des terrains naturels en permettant l'échappement d'une partie des gaz. On a dû renoncer à ce procédé, les premiers essais ayant montré que, dans la déformation du plomb lors de l'explosion, le canal de fuite était parfois obstrué et que les résultats obtenus n'étaient pas comparables entre eux.

Pour l'étude du débourrage, on eut recours à des blocs en béton de ciment, de forme parallélépipédique, pour lesquels on adopta, après quelques tâtonnements, les dimensions suivantes : $0^{m},30$ de côté, $0^{m},60$ de hauteur et un trou central de 30^{mm} de diamètre et $0^{m},45$ de hauteur. Ces dimensions ont permis de faire les essais sur des cartouches de 50^{gr} d'explosif, sans avoir à redouter de projections dangereuses.

Tous les blocs ont été préparés avec du ciment de même marque et des cailloux de même grosseur, et les essais comparatifs ont toujours été faits dans des blocs fabriqués le même jour et, par suite, aussi identiques que possible.

Pour les essais, les blocs étaient enterrés dans le terrain naturel, de nature argileuse, qu'on pilonnait fortement. La face supérieure des blocs affleurait le niveau du sol. A $0^{m},30$ au-dessus des blocs était disposé horizontalement un vaste panneau en bois destiné à arrêter les projections. Quand les coups débourraient en faisant canon, le bourrage était projeté violemment contre ce panneau, sur lequel il laissait une empreinte très nette.

Les expériences ont été faites sur le sable ordinaire et l'argile plastique. Pendant le bourrage, le sable était comprimé continuellement avec un bourroir en bois; l'argile était roulée en boudins de faible longueur qu'on pilonnait modérément après les avoir introduits dans le trou de mine. On a obtenu les résultats suivants :

NATURE DU BOURRAGE.		HAUTEUR du bourrage.	NATURE de l'explosif	POIDS de l'explosif	POIDS de l'amorce au fulminate.	RÉSULTATS OBTENUS et OBSERVATIONS.	
			Première série d'essais.				
Sable ordinaire...	1er essai....	30 cm	Dynamite grisoutine.	50 gr	1,5 gr	Pas de débourrage. Bloc brisé.	
	2e »	30	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	3e »	27	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	4e »	25	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	5e »	22	Id.	50	1,5	Débourrage complet.	Id.
Argile plastique...	1er essai....	30	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	2e »	30	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	3e »	32	Id.	50	1,5	Débourrage partiel; la partie supérieure du bourrage est projetée, mais il reste un tampon d'argile dans les morceaux du bloc. Bloc brisé.	
	4e »	35	Id.	50	1,5		
			Deuxième série.				
Sable ordinaire...	1er essai....	25	Grisoutine couche Favier.	50	1,5	Pas de débourrage. Bloc brisé.	
	2e »	22	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	3e »	20	Id.	50	1,5	Débourrage.	Id.
Argile plastique...	1er essai....	30	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	2e »	33	Id.	50	1,5	Pas de débourrage. Bloc brisé.	
			Troisième série.				
Sable ordinaire...	1er essai....	25	Grisoutine roche Favier.	50	1,5	Pas de débourrage. Bloc brisé.	
	2e »	25	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	3e »	22	Id.	50	1,5	Id.	Id.
	4e »	20	Id.	50	1,5	Débourrage.	Id.
Argile plastique...	1er essai....	30	Id.	50	1,5	Débourrage partiel; la plus grande partie du bourrage est projetée. Bloc brisé.	
	2e »	32	Id.	50	1,5		
	3e »	35	Id.	50	1,5	Pas de débourrage. Bloc brisé.	

Quelques essais faits sur le sable fin et l'argile sèche ont donné

des résultats irréguliers. La hauteur minimum du bourrage nécessaire pour éviter le débourrage a été trouvée voisine de 30^{cm}. On n'a pas réussi à différencier les deux bourrages.

En résumé, le sable ordinaire paraît s'opposer beaucoup mieux que les autres bourrages au débourrage des coups de mine.

III. — Comparaison des bourrages au point de vue des dangers d'inflammation par frictions.

Les dangers qu'on paraît redouter dans les coups de mine sont des dangers d'inflammation par friction de fragments d'explosif ou de traînées de nitroglycérine restés le long des parois du trou, après enfoncement de la cartouche.

Il y a lieu de remarquer tout d'abord que ces risques ne peuvent guère exister qu'avec des explosifs doués d'une grande sensibilité, comme les dynamites ou les poudres noires. Les explosifs Favier présentent, à ce point de vue, une sécurité presque complète.

Aussi la Commission a-t-elle limité les essais de friction à la dynamite ordinaire (75 pour 100 de nitroglycérine) et à la poudre noire (mine fin grain).

On a cherché à se rapprocher le plus possible des conditions de la pratique en réalisant un mouvement rapide de va-et-vient d'un piston dans un corps de pompe. Le piston était destiné à faire office de bourroir, le corps de pompe remplaçant le trou de mine.

Le croquis (*fig.* 3) montre l'installation faite à Sevran, dans les terrains de la Commission, et qui a servi aux expériences. Un solide bâti en fonte supportait un arbre coudé qui recevait un mouvement de rotation et actionnait un piston mobile dans un corps de pompe horizontal fixé, par des étriers en fer, sur le bâti. Ce corps de pompe, ouvert aux deux extrémités, était en béton de ciment et cailloux siliceux. Il portait intérieurement un pas de vis, tracé en creux, destiné à retenir de petites quantités d'explosif pendant le mouvement du piston.

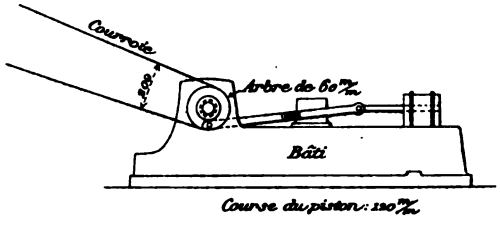
Le piston avait 40^{mm} de diamètre et 120^{mm} de course. L'arbre coudé qui le commandait tournait à une vitesse soit de 125 tours, soit de 375 tours par minute. Dans le premier cas, la vitesse linéaire du piston était de $0^{m},50$ par seconde, et, dans le deuxième cas, de $1^{m},50$.

On a soumis aux essais de friction des mélanges par parties égales d'explosif et de bourrage (sable ou argile).

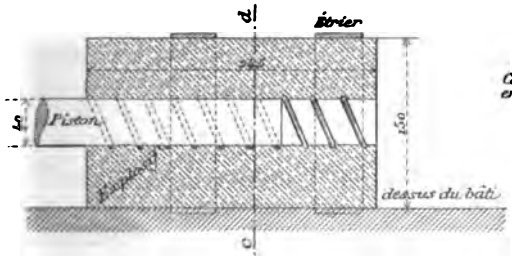
Le sable employé était du sable siliceux finement pulvérisé et sec; l'argile était également sèche. La substitution de matières

Fig. 3.

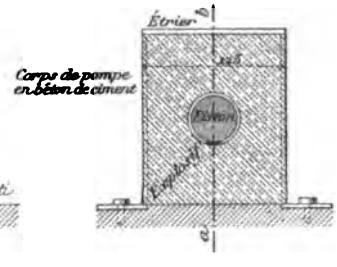
Vue d'ensemble.



Coupe *ab*.



Coupe *cd*.



desséchées aux matières humides constituant les bourrages plastiques avait pour but d'augmenter les dangers d'inflammation.

Les essais ont été faits en augmentant graduellement l'intensité des frictions et peuvent être divisés en quatre séries :

Première série d'essais. — Le piston était en bois et exactement ajusté dans le cylindre pour réduire le jeu au minimum. La vitesse était de 125 tours par minute.

On a fait marcher l'appareil du 18 au 28 juillet 1900, pendant huit heures environ par jour, en plaçant successivement dans les cannelures du corps de pompe des mélanges par moitié de sable ou d'argile et de dynamite à 75 pour 100, puis de sable ou d'argile et de poudre de mine fin grain. L'appareil était arrêté toutes les heures pour permettre l'addition de petites quantités d'explosif dans le cylindre.

On n'a obtenu d'inflammation dans aucun cas.

Deuxième série d'essais. — Le dispositif était le même que précédemment, mais le piston en bois avait été remplacé par un piston en fer très bien ajusté dans le cylindre.

Après onze jours de marche (août et septembre), on a arrêté les expériences, sans avoir obtenu d'inflammation.

Troisième série d'essais. — Pour augmenter les frottements, on avait remplacé le piston cylindrique par un piston en fer légèrement conique.

Le corps de pompe avait la même conicité que le piston. Pour le réglage, on enfonçait à coups de marteau le piston dans le corps de pompe et l'on faisait le clavetage du piston sur son axe, la manivelle de commande étant à peu près au point mort. Le cylindre était alors assujetti dans sa position, au moyen d'étriers en fer.

On a répété pendant quatre jours les essais précédents en arrêtant la marche de demi-heure en demi-heure, pour ajouter de petites quantités d'explosif dans le cylindre. A l'arrêt définitif, le cylindre en béton était complètement rodé sur une longueur de plusieurs centimètres.

Les essais ont encore été négatifs.

Quatrième série d'essais. — On a recommencé les essais avec le dispositif précédent, en faisant un nouveau réglage pour assurer le serrage en portant la vitesse à 375 tours par minute.

A cette vitesse, les trépidations ont été très accentuées, le bâti oscillait constamment, produisant des chocs entre le cylindre et le piston.

L'appareil a marché pendant une journée entière avec arrêts de quart d'heure en quart d'heure, pour permettre l'addition de nouvelles quantités d'explosifs.

A la fin de la journée, on a constaté une nouvelle usure du cylindre et un échauffement très marqué du piston en fer. L'expérience, qui n'a porté que sur les mélanges contenant du sable, n'a donné lieu à aucune inflammation.

En résumé, tous les essais de friction, bien que portant sur des explosifs sensibles, ont donné des résultats négatifs. On ne peut évidemment pas en conclure que les dangers d'inflammation par friction dans un trou de mine sont illusoires, mais la probabilité

de ces accidents est vraisemblablement très faible, d'autant plus que la présence de fragments d'explosifs le long des parois d'un trou de mine doit être assez rare quand les explosifs sont bien encartouchés.

Conclusions.

Les essais de la Commission, sans avoir élucidé complètement toutes les questions posées, ont du moins montré :

1° Que, dans la pratique, le bourrage au sable paraît donner de meilleurs résultats que le bourrage à l'argile;

2° Que le sable s'oppose beaucoup plus efficacement que les matières plastiques au débourrage des coups de mine, ce qui a une grande importance dans les mines à grisou et à poussières inflammables;

3° Que les risques d'inflammation par friction dans le bourrage des coups de mine semblent très faibles, quelle que soit la nature du bourrage employé.

En présence de ces résultats, la Commission est d'avis qu'il n'y a pas lieu de maintenir l'exclusion du bourrage au sable dans l'emploi des explosifs de sûreté.

Paris, le 10 janvier 1901.

Le Rapporteur,
L. LHEURE.

Adopté par la Commission des substances explosives, dans sa séance du 10 janvier 1901.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
BERTHELOT.

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

RAPPORT N° 136. — 8 MARS 1900.

FABRICATION D'EXPLOSIFS CHLORATÉS

DU TYPE STREET.

Par une dépêche du 30 octobre 1899, M. le Ministre de la Guerre a soumis à la Commission des substances explosives divers documents relatifs à des essais de fabrication d'explosifs chlorates du type Street, effectués à la poudrerie de Sevran-Livry, en demandant de lui faire connaître les observations que l'examen de ces documents lui suggérerait.

Ces essais de fabrication ont été entrepris conformément aux conclusions d'un rapport de la Commission, n° 119, du 9 décembre 1897, ainsi conçues :

« L'explosif proposé par MM. Corbin et C^ie^ ne présente pas le caractère légal de nouveauté visé par l'article 7 de la loi du 8 mars 1875 et il rentre, par suite, dans la catégorie des matières dont la fabrication est monopolisée par l'État.

» Les conditions nouvelles créées par la fabrication électrolytique du chlorate de potasse et l'abaissement corrélatif du prix de cette matière première permettent, au moins théoriquement, d'obtenir des poudres chloratées susceptibles de lutter avec avantage, au point de vue économique, avec la poudre de mine et la dynamite, toute réserve faite sur leurs inconvénients pratiques de fabrication ou d'emploi.

» Le double intérêt que présenteraient en France le développement des industries électrolytiques et la mise en vente d'un explosif économique, motiverait la continuation des essais déjà entrepris par l'État, à l'occasion des poudres à double effet de M. Turpin. Les explosifs de MM. Corbin et Cie paraissent constituer une base sérieuse de recherches dans cette voie, en raison des conditions de sécurité particulières que présente leur fabrication. »

Types mis en essai. — Les explosifs proposés d'abord par MM. Corbin et Cie, concessionnaires des brevets Street, étaient au nombre de trois. Les études faites au Laboratoire central ont amené à reconnaître que deux d'entre eux, les types I et II du rapport précité, propageaient facilement une inflammation excitée en un point, tandis que le type III, appelé 41 par MM. Corbin et Cie, ne la propageait qu'avec une extrême difficulté. La vitesse de propagation dans une gouttière de 18^{mm} de diamètre variait de $2^{mm},5$ à 5^{mm} par seconde pour le type III, alors qu'elle s'élevait à 117^{mm} pour le type I, à 250^{mm} pour le type II.

A la suite de ces observations, MM. Corbin et Cie ont présenté, pour remplacer les types condamnés, un nouveau type qu'ils désignent sous le nom de type 60, constitué de manière à présenter les mêmes conditions de sécurité que le type 41.

Les essais de fabrication ont, en conséquence, porté sur les deux types 41 et 60, qui présentent les compositions suivantes :

	Type 60.	Type 41.
Chlorate de potasse	80	80
Mononitronaphtaline	12	12
Huile de ricin	6	8
Acide picrique	2	»

Procédés de fabrication. — La méthode de fabrication suivie à Sevran diffère de celle recommandée d'abord par les pétitionnaires, par la suppression de tout procédé mécanique pour l'incorporation des matières.

Cette incorporation a été faite dans deux bacs en fonte émaillée, à deux parois dans l'intervalle desquelles se trouvait de l'eau chauffée par un courant de vapeur.

L'un des bacs, maintenu à une température de 70°, servait à la dissolution, dans l'huile de ricin chaude, de la mononitronaphta-

line pour l'explosif 41, de la mononitronaphtaline, puis de l'acide picrique pour l'explosif 60. Le second, porté à une température de 55° à 60°, était employé pour l'incorporation, dans le mélange binaire ou ternaire fondu, du chlorate en poudre; celui-ci est apporté dans un récipient clos, ajouté par parties et touillé avec une spatule en bois jusqu'à disparition complète de tout point blanc.

La matière déchargée était étendue avec une pelle à main sur une table en lave émaillée, puis, lorsqu'elle n'avait plus qu'une température de 30° à 35°, étalée en couches minces et écrasée au moyen d'un rouleau en bois.

Le produit du grenage était tamisé à la perce de $0^{mm},6$; la partie trop grosse était écrasée à nouveau, après réchauffement par mélange sur la table de grenage avec la charge suivante.

Propriétés des deux explosifs. — Une série d'essais a été faite tant pour déterminer la force des produits obtenus que pour rechercher l'importance des dangers que présentera cette fabrication. Ces dernières recherches ont porté non seulement sur les produits fabriqués, mais aussi sur les débris et poussières recueillis dans les bâtiments servant aux opérations. Quelles que soient, en effet, les précautions prises pour réduire la production des déchets, on ne peut les éviter complètement, et il est nécessaire de se préoccuper de leur facilité d'inflammation ou d'explosion.

Ces essais ont compris :

1° Des essais à la bombe;

2° Des essais de détonation dans les trous de mine;

3° Des essais de détonation à l'air libre sur blocs de plomb;

4° Des essais de transmission de détonation à l'air libre;

5° Des essais de détonation à l'air libre par choc;

6° Des essais de combustion à l'air libre.

1. *Essais à la bombe.* — Les deux explosifs ont été essayés à l'état pulvérulent, aux densités de 0,2 et de 0,3. Le Tableau suivant donne les résultats des essais et les conditions dans lesquelles ils ont été effectués par les soins du Laboratoire central :

NATURE des explosifs essayés.	BOMBE.	Δ.	POIDS du piston.	SECTION du piston.	HAUTEURS réduites.	PRESSION. Table statique de Gâvre.		VALEURS α.	VALEURS f.
	cc		gr	cm²	mm	kg			
Type 60. Fabrication de Sevran.	22	0,2	60	1	10,34	1279	1279	0,7	5192
	Id.	0,2	1000	Id.	10,34	1279			
	Id.	0,3	60	Id.	9,55	2084	2086		
	Id.	0,3	60	Id.	9,55	2089			
Type 41. Fabrication de Sevran.	22	0,2	60	1	10,06	1374	1360	0,8	5718
	Id.	0,2	1000	Id.	10,15	1347			
	Id.	0,3	60	Id.	8,69	2234	2260		
	Id.	0,3	60	Id.	8,61	2286			

La force trouvée pour les poudres de mine noires (Rapport n° 117) étant de 2919, le rapport de la force des explosifs Street à celle de la poudre de mine noire prise comme unité serait de 1,9.

2. *Essais dans un trou de mine.* — On a fabriqué avec la matière pulvérulente des cartouches de 50^{gr}, ayant 30^{mm} de diamètre et 70^{mm} de longueur, enveloppées de papier parchemin. Dans chaque trou de mine on a placé 150^{gr} d'explosif; certains essais ont été faits comparativement avec l'explosif P, d'autres avec la dynamite n° 1, la comparaison étant basée sur les rapports du volume du globe produit au poids de l'explosif :

NATURE DE L'EXPLOSIF.	HAUTEUR du bourrage.	NOMBRE d'essais.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ par essai.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ moyenne.	OBSERVATIONS.
	m				
Explosif Street n° 41. Fabrication du Laboratoire central.	0,85	3	0,107	0,133	Détonation complète.
			0,191		Id.
			0,101		Détonation incomplète.
Dynamite n° 1.	0,87	3	0,490	0,496	
			0,490		
			0,509		
Explosif Street n° 60. Fabrication du Laboratoire central.	0,80	5	0,198	0,312	
			0,332		
			0,338		
			0,288		
			0,402		

NATURE DE L'EXPLOSIF.	HAUTEUR du bourrage.	NOMBRE d'essais.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ par essai.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ moyenne.	OBSERVATIONS.
Explosif de mine, type P, n° 2.	m 0,79	5	0,138 0,190 0,167 0,217 0,139	0,170	
Explosif Street, type 41. Fabrication de Sevran.	0,80	5	0,360 0,270 0,180 0,200 0,190	0,240	Terrain très dur. Id. Id.
Explosif de mine, type P, n° 2.	0,80	5	0,280 0,290 0,180 0,180 0,200	0,230	Terrain très dur. Id. Id.
Explosif Street, type 60. Fabrication de Sevran.	0,80	5	0,400 0,500 0,690 0,210 0,580	0,430	Terrain humide. Terrain très dur.
Dynamite n° 1, de Cugny.	0,80	5	0,370 0,330 0,690 0,270 0,270	0,390	Terrain humide. Terrain très dur. Id.

Malgré l'irrégularité des résultats partiels, il paraît possible de conclure que, pour ce mode d'emploi, l'explosif 41 se rapproche de l'explosif de mine type P et que l'explosif 60 est voisin de la dynamite n° 1.

Il a été fait, en outre, par ce procédé, un assez grand nombre d'essais dans le but de rechercher si divers détails de composition ou de fabrication, tels que nature de la mononitronaphtaline employée, finesse du grain du chlorate, grosseurs de grains de l'explosif, exerçaient une influence notable sur les propriétés des explosifs. On a constaté que leur action était négligeable dans ces conditions d'expérience.

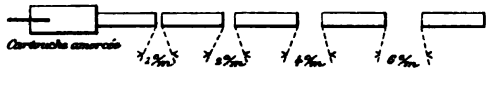
3. *Essais sur blocs de plomb.* — On a comparé également les deux explosifs 41 et 60 à la dynamite à 75 pour 100, en faisant détoner des charges de 10^{gr} et de 20^{gr} sur des blocs de plomb de 67^{mm} de hauteur et de 40^{mm} de diamètre et en mesurant les écrasements. Les résultats sont donnés dans le Tableau ci-dessous :

NATURE DE L'EXPLOSIF.	POIDS employé.	NOMBRE d'essais.	ÉCRASEMENTS obtenus avec une amorce de $1^{gr},5$ de fulminate.
	gr		mm
Explosif 41, fabriqué au Laboratoire central.	10	3	4,1
	20	3	6,8
Explosif 41, fabrication Corbin.....	10	1	4,9
	20	1	5,3
Explosif 60, fabrication Corbin.....	10	1	4,2
	20	1	6,5
Explosif 60, fabriqué au Laboratoire central.	10	1	4,4
	20	1	7,7
Dynamite à 75 pour 100.....	10	1	7,2
	20	1	9,6

La différence entre les deux explosifs 41 et 60 est, dans ces conditions, peu considérable; la dynamite montre une puissance d'action à peu près double de celle de l'explosif 60.

4. *Transmission de détonation à l'air libre.* — Chaque expérience portait sur six cartouches placées en ligne, dont la première seule était amorcée avec un détonateur de $1^{gr},5$, la deuxième étant au contact de la première, la troisième à 1^{cm} de la deuxième, et les autres à des distances de 2^{cm}, 4^{cm} et 6^{cm}, ainsi que le montre la *fig.* 1.

Fig. 1.



Les cartouches étaient enveloppées d'un papier parcheminé; la matière était, suivant les essais, plus ou moins tassée. Dans les essais avec cartouches de 100^{gr}, chaque cartouche était placée sur

une plaque d'acier de 50^{cm} de longueur, 15^{cm} de largeur et 2^{cm} d'épaisseur, reposant sur des rails distants de 40^{cm}.

Les résultats sont résumés ci-dessous :

EXPLOSIF employé.	POIDS des cartouches	ÉTAT de la matière.	NOMBRE de cartouches ayant détoné.	FLÈCHES respectives.	OBSERVATIONS.
Explosif 41.	50^{gr}	non tassée.	5	»	6e cartouche projetée
Explosif 60.	50	non tassée.	5	»	Id.
	50	légèrement tassée.	5	»	Id.
	100	légèrement tassée.	4	8-17-16-15	5e cartouche projetée; 6e intacte.
	100	comprimée.	3	»	4e cartouche projetée; 5e et 6e intactes.

La transmission de la détonation s'est produite, pour les deux explosifs, à des distances de 4^{cm} pour les matières peu tassées; elle ne s'est jamais faite à une distance de 6^{cm}.

3. *Essais de détonation à l'air libre par choc.* — Les essais faits avec l'appareil de chute du Laboratoire central sur les deux explosifs Street et la dynamite à 75 pour 100, placés sur une enclume dans de petites capsules métalliques minces, dans le but de rechercher la probabilité de détonation sous le choc d'un mouton de 5^{kg}, tombant de hauteurs variables, ont montré que la probabilité de 50 pour 100 correspondait aux hauteurs de chute suivantes :

	m
Dynamite à 75 pour 100	0,239
Explosif 60	0,253
Explosif 41	0,325

Au point de vue de la facilité de détonation au choc, l'explosif 60 diffère peu de la dynamite, l'explosif 41 est notablement moins sensible; mais tous deux sont beaucoup plus sensibles au choc que les poudres noires au salpêtre pour lesquelles, dans les mêmes

conditions, la hauteur de chute est à peu près décuple de celle correspondant à la dynamite (Rapport n° 38).

Ces essais, qui ne portent que sur de très faibles quantités de matières soumises tout entières au choc, ne renseignent qu'incomplètement sur les dangers que les explosifs peuvent présenter. Ces dangers dépendent, en effet, surtout de la facilité de propagation d'une détonation excitée en un point par une cause quelconque (choc, friction, etc.).

Pour étudier l'aptitude des types 41 et 60 à la propagation d'une décomposition occasionnée par un choc violent, on a fait usage de trois appareils de choc :

1° Un mouton cylindrique de 30^{kg} et de 15^{cm} de diamètre (surface 176$^{cm^2}$), guidé dans sa chute et tombant de 4^{m}, 50 de hauteur;

2° Un mouton tronconique de 30^{kg} et de 45^{mm} de diamètre (surface 16$^{cm^2}$) à la pointe frappante, guidé dans sa chute et tombant de 4^{m}, 50 de hauteur;

3° Un mouton cylindrique de 40^{cm} de diamètre, terminé par une calotte sphérique, pesant 286^{kg} et tombant de 5^{m}, 15 de hauteur.

L'installation qui a servi aux essais, représentée dans la

Fig. 2.

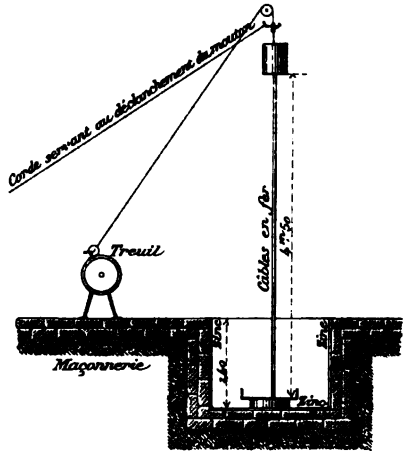
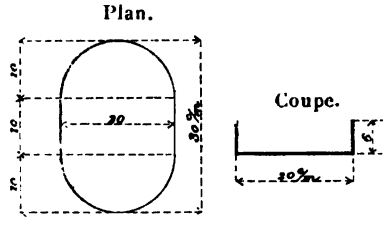


fig. 2, comporte une enclume en fonte de 27^{cm} de diamètre

enchâssée dans le sol au fond d'un puits de $1^{m},40$ de profondeur, dont les parois ont été garnies de feuilles de zinc soudées ensemble, et une charpente en bois avec treuil permettant de soulever le mouton au moyen d'une corde. L'accrochage du mouton est fait au moyen d'un déclic de sonnette que l'on fait échapper à volonté; le mouton tombe alors, guidé par deux câbles passant dans des anneaux fixés au mouton.

L'explosif essayé était réparti uniformément sous une épaisseur de 1^{mm} environ, soit sur une plaque de tôle de 28^{cm} sur 50^{cm} (1400^{cm^2} de surface), soit sur le fond d'une boîte en tôle de 514^{cm^2} de surface, de la forme représentée (*fig.* 3), dont les côtés empêchaient le glissement de la matière.

Fig. 3.



Après chaque essai, on recueillait soigneusement les résidus et on les pesait. Pour quelques expériences, ces résidus ont été analysés de manière à déterminer le poids de chlorate non décomposé qu'ils contenaient et en déduire le poids de l'explosif restant.

1° *Mouton cylindrique de* 30^{kg}. — Les résultats obtenus avec le mouton cylindrique sont indiqués dans le Tableau suivant :

NATURE DE L'EXPLOSIF.	POIDS d'explosif soumis à l'essai.	SURFACE occupée par l'explosif.	POIDS des résidus recueillis après l'essai.	POIDS de l'explosif détruit.	SURFACE correspondant au poids d'explosif détruit.	OBSERVATIONS.
	gr	cm²	gr	gr	cm²	
Type 60 (séché 1 jour à 30°)..	100	1400	**41**	**50**	**826** (1)	Forte détonation.
	100	1400	31	69	966	Très forte détonation.
	50	514	**17,20**	**32,80**	**337**	Très forte détonation.
	50	514	10	40	411	Id.
Id.....	50	514	**6,70**	**43,30**	**445**	Très forte détonation. Un morceau de fonte de 45gr est détaché du mouton par l'explosion et projeté hors du puits.
Type 60 (échantillon envoyé par M. Corbin en février 1899, séché 1 jour à 30°)....	50	514	**7,90**	**42,10**	**433**	Très forte détonation. De nouveaux morceaux de fonte sont détachés du mouton.
	100	1400	90	10	140	Faible détonation.
Type 41 (séché 1 jour à 30°)..	50	514	31	19	195	Id.
	50	514	**11,30**	**38,70**	**398**	Forte détonation.

(1) Les chiffres gras sont ceux obtenus par analyse; ils sont, en général, inférieurs de 1gr à 5gr au poids brut des résidus.

Ces chiffres montrent que la détonation est incomplète, mais qu'elle se propage en dehors de la partie frappée.

Avec l'explosif 60, dans l'un des essais, la détonation a porté sur une surface de 966cm² (5,5 fois la surface du choc) correspondant à un cercle de 35cm de diamètre; la détonation s'est donc propagée à 10cm en moyenne de la limite de la partie frappée.

Avec l'explosif 41, la propagation a été moindre, elle n'a guère dépassé un anneau de 4cm autour de la partie frappée.

2° *Mouton cylindro-conique de* 30kg. — Les essais avec le mouton tronconique ont donné des résultats analogues, résumés dans le Tableau suivant :

NATURE DE L'EXPLOSIF.	POIDS soumis à l'essai.	SURFACE occupée.	NOMBRE d'essais.	POIDS d'explosif détruit.		SURFACE correspondante.	
				maximum.	minimum.	maximum.	minimum.
	gr	cm²		gr	gr	cm²	cm²
Type 60 (séché 1 jour à 30°).....	50	514	7	31	13	319	134
Type 41 (id.)	50	514	9	19	6	195	62
Type 60 (conservé 2 mois dans la caisse à humidité, séché 25 heures à 35° et ramené à l'état pulvérulent)	50	514	7	47	15	483	154
Type 41 (id.).....	50	514	7	29	5	298	51

La surface frappée n'étant, dans ces essais, que de 16^{cm}, on voit qu'ici encore il y a eu constamment propagation en dehors de la surface frappée. Pour les explosifs conservés normalement, la largeur de l'anneau excédant est, au maximum, de 8^{cm} pour l'explosif 60, de 6^{cm} pour l'explosif 41.

Les explosifs soumis à l'action de l'air saturé d'humidité, puis séchés, ont transmis plus facilement la détonation. Dans un des essais faits avec l'explosif 60, la détonation a été presque complète, alors que la surface frappée n'était que $\frac{1}{32}$ de la surface totale.

3° *Mouton de* 286^{kg}. — Les essais avec le mouton de 286^{kg} ont été faits au puits d'épreuves de la poudrerie de Sevran. L'explosif était placé sur une plaque en fer légèrement concave, de 1^{m},25 sur 1^{m}; la surface de contact est un cercle d'environ 10^{cm} de diamètre.

Les résultats sont détaillés dans le Tableau ci-après :

NUMÉRO de l'essai.	NATURE DE L'EXPLOSIF.	CHARGE D'EXPLOSIF soumise à l'essai.	DISPOSITION de l'explosif.	OBSERVATIONS.
1	Type 60, pris en dépôt	5 cartouches de 100gr.	les 5 cartouches sous le mouton.	Détonation complète.
2	Id.	Id.	Id.	Détonation incomplète. On retrouve une partie de la matière projetée dans le puits.
3	Id.	Id.	3 cartouches sous le mouton; les autres au contact des premières, en dehors du choc du mouton.	Détonation incomplète. Les deux cartouches non frappées par le mouton sont retrouvées projetées.
4	Id.	1kg matière pulvérulente	matière répartie sur un rectangle de 1m de long et 0m,30 de large.	Détonation très violente. On retrouve 24gr de résidus.
5	Id.	Id.	matière répartie uniformément sur 1m,25 de long et 0m,90 de large. Épaisseur : 2mm environ.	On n'entend rien au dehors du puits. Matière détruite seulement dans le voisinage immédiat de la partie frappée. Le reste de la matière est retrouvé sur la plaque et dans le puits.
6	Id.	Id.	matière répartie sur un rectangle de 1m,25 sur 0m,40. Épaisseur un peu plus forte au centre.	Détonation très violente et complète. On ne retrouve aucune trace de résidus.
7	Type 41, pris en dépôt....	Id.	Id.	Détonation très faible. On retrouve la plus grande partie de la matière intacte.
8	Id.	Id.	Id.	Id.
9	Type 41, séché 1 jour à 30°.	Id.	Id.	Id.

On voit que le choc violent produit par la chute du mouton a déterminé, dans certains cas, l'explosion complète de l'explosif 60. Dans l'essai n° 6, la détonation s'est propagée à 57^{cm} des points frappés.

L'explosif 41 s'est montré beaucoup moins sensible; la détonation a toujours été très limitée.

6. *Vitesse de combustion à l'air libre.* — Ces essais ont été faits au moyen d'une petite gouttière demi-cylindrique en tôle montée sur une planchette graduée. La matière était versée à l'état pulvérulent, arasée sans tassage, puis allumée à une extrémité avec une mèche enflammée.

Pendant la durée de la fabrication, des essais de combustion furent faits chaque jour; ils montrèrent que les produits étaient difficilement inflammables et que leur vitesse de combustion n'était que d'environ 1^{mm} par seconde. Les balayures des ateliers brûlaient beaucoup plus rapidement.

De l'ensemble des essais de combustion faits, tant au Laboratoire central qu'à Sevran, il résulte :

1° Que l'explosif 41 ne s'enflamme que difficilement, s'éteint fréquemment, même lorsqu'il a été séché à refus ou exposé pendant dix jours en couche mince à l'action de l'air et de la lumière;

2° Que l'explosif 60 brûle régulièrement; lorsqu'il a été conservé dans des conditions normales, la flamme est fuligineuse et la vitesse de combustion d'environ $1^{mm},5$ par seconde; mais sous l'influence de diverses circonstances, alternatives de sécheresse et d'humidité, exposition en couche mince, la flamme devient claire, les fumées blanches, et la vitesse de combustion peut s'élever jusqu'à 22^{mm} par seconde;

3° Que, pour les balayures d'atelier, la vitesse de combustion a atteint 47^{mm} par seconde.

Pour les poudres BF, la vitesse de combustion observée dans ces conditions a été de 40^{mm}; pour les poudres noires, le temps de la combustion d'un mètre est très inférieur à une seconde.

Conservation de l'explosif. — L'examen des matières pulvérulentes, huit mois après leur fabrication, n'a fait reconnaître aucune altération; on constate seulement que le dessus des barils est d'un jaune plus foncé, que les parties exposées à l'action de la lumière ont pris la teinte brune que cette même action donne aux nitronaphtalines et que, en certains points, se sont formées

de petites aiguilles blanches semblables à celles qui se montrent sur les pains de mononitronaphtaline.

Pour les cartouches conservées dans des conditions normales, le papier est devenu gras, mais la matière ne présente aucun signe d'altération. La couleur n'est pas modifiée et l'on ne voit à la loupe aucun point blanc.

.....

Dangers de la fabrication. — De l'ensemble des essais relatifs aux circonstances qui peuvent amener la détonation des explosifs Street, il résulte que ces corps sont beaucoup plus sensibles que les poudres noires à l'action d'un choc, mais, en revanche, que l'inflammation produite en un point ne se propage que lentement.

Aussi, bien que les expériences ne permettent jamais de déterminer toutes les circonstances qui pourront, dans la pratique, amener des accidents, on peut déduire, des constatations faites, que la fabrication pourrait, en ayant soin d'exclure tout moyen mécanique entraînant des chocs, être entreprise dans des conditions relatives de sécurité. L'opération du grenage, la plus délicate de toutes, devrait être faite exclusivement sur la matière incomplètement refroidie et conservant encore un certain degré de plasticité. Enfin, on devrait éviter, autant que possible, le répandage des poussières dans les ateliers et procéder fréquemment à des nettoyages avec arrosage, de manière à éviter le séjour prolongé des poussières dont on n'aurait pu empêcher la dispersion.

Dangers dans les transports. — Les expériences ci-dessus relatées montrent que les dangers d'explosion par choc sont certainement moindres que pour la dynamite; rien ne s'oppose donc à ce que les explosifs Street soient transportés dans les mêmes conditions que les poudres noires.

Mais ces mêmes essais ayant montré qu'un choc d'une énergie suffisante peut amener la détonation totale, le classement comme munitions de sûreté ne serait pas justifié.

....

Utilité de ces explosifs. — Les essais à la bombe ont donné

1,9 pour la force de ces explosifs, celle de la poudre noire étant 1 et celle de la dynamite n° 1 étant 3.

En cas de détonation à l'air libre, il a fallu un poids double de celui de la dynamite n° 1 pour produire les mêmes effets, mais sous bourrage et dans des matières de dureté moyenne, le travail obtenu avec l'explosif 60 est presque égal à celui d'un même poids de dynamite n° 1.

Ces explosifs sont donc certainement susceptibles d'être utilisés; le choix à faire entre eux et les explosifs actuellement en usage serait le plus souvent déterminé par la comparaison de leurs prix respectifs.

Prix de revient. — On se trouve ainsi amené à rechercher le prix de revient de ces explosifs, et tout d'abord le prix du chlorate de potasse, élément qui entre pour 80 pour 100 dans leur composition.

Il résulte de documents communiqués par MM. Corbin et C^ie^ que le prix à Londres, pendant 1899, s'est maintenu à 79^fr^ les 100^kg^, et que ces industriels ont souscrit d'importants marchés, pour livraison à l'étranger en 1900, à des prix variant de 53^fr^,50 à 65^fr^. Mais ces prix ne peuvent être considérés comme le prix en France : le chlorate de potasse est, en effet, frappé d'un droit de douane de 38^fr^ au tarif maximum, de 32^fr^ au tarif minimum, et, à l'abri de ce droit, les fabricants français ont toujours maintenu les cours à un prix voisin de 110^fr^, et, tant que les droits de douane subsisteront, c'est vers ce dernier prix que, à moins de convention particulière avec MM. Corbin et C^ie^, l'État ferait ses achats.

Il paraît donc utile de déterminer le prix de revient dans la double hypothèse du prix de 65^fr^ et celui de 110^fr^. Ces prix sont indiqués par 100^kg^ dans le Tableau suivant :

DÉTAIL.	PRIX.	CHLORATE A 65fr.				CHLORATE A 110fr.			
		Explosif 41.		Explosif 60.		Explosif 41.		Explosif 60.	
		Dosage.	Coût.	Dosage.	Coût.	Dosage.	Coût.	Dosage.	Coût.
	fr		fr		fr		fr		fr
Chlorate de potasse.....	»	80	52,00	80	52,00	80	88,00	80	88,00
Mononitronaphtaline.....	75	12	9,00	12	9,00	12	9,00	12	9,00
Huile de ricin.....	65	8	5,20	6	3,90	8	5,20	6	3,90
Acide picrique.....	230	»	»	2	4,60	»	»	2	4,60
Main-d'œuvre.....	»	»	12,00	»	12,00	»	12,00	»	12,00
Frais généraux et d'emballage....	»	»	15,00	»	15,00	»	15,00	»	15,00
Frais de transport et d'entrepôt..	»	»	5,00	»	5,00	»	5,00	»	5,00
Totaux.....			98,20		101,50		134,20		137,50

Prix de vente. — En raison de la force ci-dessus indiquée, l'impôt à appliquer aux explosifs Street serait de $0^{fr},95$ le kilogramme; le prix de vente par l'État, à l'état de matières grenées, pourraît être fixé à $1^{fr},95$ et 2^{fr} dans l'hypothèse où une convention garantirait la fourniture du chlorate au prix de 65^{fr} le quintal, à $2^{fr},30$ et $2^{fr},35$ dans le cas contraire.

Même en tenant compte du supplément de prix qu'occasionnerait la mise en cartouches, les prix comparés à ceux des autres explosifs seraient avantageux dans la première hypothèse, et il est probable que la consommation se développerait rapidement.

Mais, dans la seconde, la comparaison des prix donne à peu près l'équivalence pour les poudres noires de mine et est plutôt favorable à la dynamite. Les exploitants de mines ou carrières n'auraient pas de motif pour substituer le nouvel explosif aux anciens, et, dès lors, l'État n'aurait pas d'intérêt à entreprendre une nouvelle fabrication comportant toujours plus de chances d'accident que des fabrications étudiées depuis longtemps.

Cette question du prix du chlorate est donc absolument dominante.

.....

CONCLUSIONS.

En résumé, la Commission émet l'avis :

1° Que, à la condition d'éviter l'emploi de tout appareil don-

nant lieu à des chocs, la fabrication des explosifs Street présentés par MM. Corbin et Cie peut être entreprise sans dangers excessifs.

2° .. ..

3° Que le transport de ces explosifs pourrait être effectué dans les conditions admises pour les poudres noires.

Paris, le 8 mars 1900.

Le Rapporteur,
MORIN.

Adopté par la Commission des substances explosives, dans sa séance du 8 mars 1900.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
BERTHELOT.

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

RAPPORT N° 134. — 11 JANVIER 1900.

RAPPORT

SUR UN

NOUVEL EXPLOSIF DIT « PROMÉTHÉE ».

Par dépêche n° 3675, du 26 mai 1899, le Ministre de la Guerre a saisi la Commission des substances explosives de l'examen d'une demande formée par M. Larrüe, ingénieur civil à Paris, dans le but d'être autorisé à fabriquer un nouvel explosif dit *Prométhée*. Le Ministre invite la Commission à lui faire connaître son avis sur la suite qui peut être donnée à la demande de M. Larrüe.

Les documents accompagnant la dépêche ministérielle consistent dans la demande formée par M. Larrüe et dans la copie du brevet d'invention pris au nom de M. Théodore Jewlef et concernant le nouvel explosif dénommé *Prométhée*.

I. — Composition et mode de fabrication de l'explosif Prométhée.

Composition. — L'explosif Prométhée se compose d'un comburant solide et d'un combustible liquide, qui ne sont mélangés qu'au moment de l'emploi. Ce mélange sur place de deux constituants qui, séparément, ne sont pas explosifs, caractérise le Prométhée.

Le brevet Jewlef indique plusieurs compositions, tant pour la

partie solide que pour la partie liquide, mais M. Larrüe n'a soumis aux essais de la Commission qu'un seul explosif formé de

98 parties d'un mélange solide comprenant..	80 pour 100		chlorate de potasse,
	20	»	bioxyde de manganèse,
et 18 parties d'un mélange liquide comprenant.	65	»	essence de mirbane (nitrobenzine),
	35	»	huile lourde de pétrole.

La composition centésimale de l'explosif Prométhée est, par suite :

67,60 pour 100		chlorate de potasse,
16,90	»	bioxyde de manganèse,
10,00	»	essence de mirbane (nitrobenzine),
5,50	»	huile lourde de pétrole.

D'après cette composition, l'explosif ne renferme pas assez d'oxygène pour que la combustion du carbone et de l'hydrogène soit complète. Il y aura, par suite, production d'oxyde de carbone.

Mode de préparation. — Le chlorate de potasse et le bioxyde de manganèse sont pulvérisés, mélangés, puis comprimés en cartouches cylindriques. Les cartouches reçues par la Commission avaient 25^{mm} de diamètre, 120^{mm} de hauteur et pesaient en moyenne 90^{gr}. Elles étaient renfermées dans des caisses en bois doublées à l'intérieur de fer-blanc. Chaque caisse contenait 50 de ces cartouches.

Le mélange d'huile de pétrole et d'essence de mirbane était renfermé dans des bidons en fer-blanc. Chaque bidon renfermait le liquide nécessaire pour le trempage des 50 cartouches d'une caisse.

Pour obtenir l'explosif, M. Larrüe indique qu'il faut arroser les cartouches avec le liquide du bidon, soit en les laissant dans leur position verticale, soit en les disposant horizontalement dans la boîte en fer-blanc. La durée de l'opération est d'environ une heure avec la première disposition et une demi-heure avec la deuxième.

Les essais faits à la Poudrerie de Sevran-Livry ont montré que ce mode d'imbibition ne permettait pas d'obtenir un explosif de composition constante. La quantité de liquide absorbée par les différentes cartouches a été très variable, les écarts avec le poids théorique atteignant le $\frac{1}{3}$ de ce poids, en plus ou en moins. Ces

différences ne sont pas surprenantes, car le taux de liquide indiqué par M. Larrüe est insuffisant pour assurer la saturation des cartouches et, par suite, les cartouches qui sont en contact plus intime avec le liquide pendant l'arrosage ou le trempage doivent s'imbiber plus que les autres.

On a reconnu qu'il était possible de diminuer les différences d'absorption en changeant la position des cartouches pendant l'imbibition. Mais on ne peut arriver à obtenir une régularité parfaite et on doit considérer le Prométhée comme un explosif de composition mal définie.

II. — Étude des propriétés de l'explosif Prométhée.

Le Prométhée présente l'avantage, signalé par ses inventeurs, de ne devenir explosif qu'au moment de l'emploi, les deux constituants qui le composent étant séparément inexplosifs. On sait, en effet, que le chlorate de potasse ne détone que dans des conditions tout à fait particulières, indiquées par M. Berthelot. Quant au mélange d'huile de pétrole et d'essence de mirbane, des essais faits à Sevran ont montré qu'il ne détone pas en vase clos, même sous l'action d'un détonateur de 2^{gr} de fulminate de mercure.

Le Prométhée a été soumis à divers essais destinés à caractériser sa puissance et sa sensibilité.

Pressions en vase clos. — Les pressions en vase clos ont été mesurées dans une éprouvette de 22^{cc} de capacité munie d'appareils crushers. Le piston employé pesait 60^{gr}.

Le Tableau ci-dessous indique les résultats obtenus aux densités de chargement 0,2 et 0,3 :

DÉSIGNATION de l'explosif.	DENSITÉ de chargement.	PRESSIONS (Table statique de Gâvre).	PRESSION moyenne.	OBSERVATIONS.
Prométhée.....	$\Delta = 0,2$	1258 kg	1240 kg	Résidu charbonneux, adhérent aux parois.
	0,2	1223		Id.
	0,3	2094		Id.
	0,3	2220	2001	Id.
	0,3	1980		Id.

La force théorique se déduit de la pression par la formule

$$p = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta},$$

où α représente le covolume.

En remplaçant dans la formule p par les deux valeurs précédentes, on a deux équations qui permettent de calculer f et α.

On trouve

$$\alpha = 0{,}9$$
$$f = 5040^{kg}$$

La force de la poudre de mine ordinaire ronde a été trouvée, au Laboratoire central des poudres, de 2919^{kg}. En la prenant comme unité, la force du Prométhée serait :

$$\frac{5040}{2919} = 1{,}73$$

Quand les cartouches après trempage restent exposées à l'air, cette force diminue par suite de l'évaporation de la nitrobenzine, et M. Larrüe indique qu'il est nécessaire, dans ce cas, de faire subir aux cartouches un nouveau trempage.

Travail sous faible bourrage. Éprouvette d'Abel. — Les essais dans l'éprouvette d'Abel ont été faits suivant le procédé décrit dans le rapport n° 38, du 6 novembre 1884, sur les poudres à double effet à base de goudron.

On a provoqué l'explosion de 10^{gr} de Prométhée à l'aide d'une amorce de $1^{gr}, 5$ de fulminate de mercure. L'augmentation du volume a été de 163^{cc} et, par suite, le coefficient de puissance $= 16{,}3$.

Dans les mêmes conditions, la dynamite à 75 pour 100 donne un coefficient égal à 29.

Travail dans un trou de mine. — Le Prométhée a été essayé par le procédé en usage pour la vérification des cartouches de mine du type P, au coton-poudre et nitrate d'ammoniaque. Ce procédé consiste à faire détoner sous terre un certain nombre de cartouches placées bout à bout au fond d'un trou vertical foré à la barre à mine, soit dans le terrain naturel, soit dans un bloc de pierre de taille. L'amorçage a toujours été fait avec une amorce de 2^{gr} de fulminate de mercure.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau ci-dessous :

EXPLOSIF.	DATE des essais.	CHARGE d'explosif.	ENVELOPPE des cartouches.	HAUTEUR du bourrage.	GLOBES DE COMPRESSION. profondeur.	diamètre.	volume.	$\frac{V}{P}$	OBSERVATIONS.
					1° *Terrain ordinaire.*				
Prométhée.	13 juin 1899	3 cartouches de 100 gr.	Papier perméable. Le papier est enlevé au bout des cartouches pour assurer le contact.	m 0,80	0,28	0,29	0,012	0,04	Pas de résidu. Terrain compact.
	Id.	Id.		0,50	0,30	0,38	0,022	0,07	Id.
	14 juin 1899	Id.		0,50	0,32	0,28	0,013	0,04	Id.
	Id.	Id.		0.50	0,32	0,30	0,015	0,05	Id.
	7 oct. 1899	Id.		0,65	0,53	0,45	0,056	0,18	Id.
	Id.	Id.		0,75	0,31	0,29	0,028	0,09	Id.
					2° *Blocs de maçonnerie enterrés dans le sol.*				
Prométhée.	7 oct. 1899	1 cartouche de 100gr.	Papier perméable.	0m,70 (bourrage à l'eau).		Pas de globe.			Le bloc a été brisé en plusieurs morceaux.
	Id.	Id.	Id.	0m,70 (bourrage en terre).		Id.			Id.

On voit, par les chiffres de ce Tableau, que le rapport $\frac{V}{P}$ est toujours très faible. Avec les explosifs chloratés Street, le rapport $\frac{V}{P}$ a presque toujours été supérieur à 0,30.

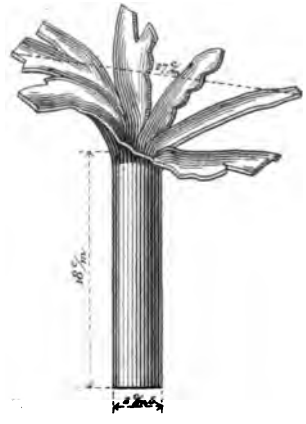
Pour expliquer la faible valeur du rapport $\frac{V}{P}$, il faut admettre que tout l'explosif ne détone pas. On en a d'ailleurs eu la preuve par l'expérience suivante :

Trois cartouches de Prométhée furent placées bout à bout dans un tube de fer de 3mm d'épaisseur et de même diamètre que les cartouches. On amorça avec un détonateur de 2gr de fulminate la cartouche supérieure et on enfonça le tout dans un trou de mine. Le bourrage fut fait comme à l'ordinaire et l'on provoqua la détonation de l'amorce.

En retirant ensuite le tube de fer, on constata qu'il était intact dans la partie inférieure sur plus de la moitié de sa hauteur. A la

partie supérieure, il était partagé en cinq languettes qui allaient en s'écartant vers le haut comme l'indique la *fig.* 1.

Fig. 1.



Tout l'explosif avait été détruit, laissant des résidus blancs et peu abondants vers le haut du tube et des résidus charbonneux dans la partie du tube restée intacte.

Il est donc évident, tant par les effets de l'explosion que par l'aspect des résidus, qu'il y a eu deux modes de décomposition : une véritable détonation pour les parties voisines de l'amorce et une décomposition beaucoup plus lente pour le reste de l'explosif.

En définitive, le Prométhée fonctionne dans les trous de mine en partie comme les explosifs brisants et en partie comme la poudre noire.

Essais de détonation à l'air libre. — Une cartouche amorcée avec un détonateur de 2^{gr} et placée sur une feuille de plomb n'a détoné que partiellement. Une partie de la matière a été projetée et la trace laissée sur la feuille de plomb a été limitée à la longueur de l'amorce.

Essais de détonation par le choc. — Une cartouche de Prométhée, soumise au choc du mouton de 30^{kg} tombant de $4^{m},50$ de hauteur, n'a donné qu'une faible détonation, bien que toute la matière ait été détruite.

En faisant tomber le même mouton sur une couche d'explosif

pulvérulent disposée sur l'enclume, on n'obtient la détonation de l'explosif que dans le voisinage de la partie soumise au choc direct.

Avec le Prométhée, les dangers provenant de chocs violents sont donc de l'ordre de ceux présentés par les explosifs chloratés Street et inférieurs à ceux de la dynamite.

En résumé, il résulte de cette étude sommaire que le Prométhée est susceptible d'emploi. Sa force est sensiblement la même que celle des poudres chloratées étudiées jusqu'ici et son fonctionnement dans les trous de mine est intermédiaire entre celui de la poudre noire et celui des explosifs brisants.

L'emploi du Prométhée peut offrir certains avantages dans les exploitations de grès et de pierre, où il importe de déterminer des lignes de rupture sans briser les blocs.

Au point de vue de la sécurité, le Prométhée ne paraît devoir présenter à l'emploi que l'inconvénient de donner, lors de l'explosion, des gaz renfermant de l'oxyde de carbone. Il offre l'avantage de supprimer les dangers résultant des transports ou de la conservation, puisqu'il est fabriqué sur place au fur et à mesure des besoins.

III. — Conclusions.

La dépêche ministérielle du 26 mai 1899 demande l'avis de la Commission sur la suite qui peut être donnée à la demande de M. Larrüe, concernant l'autorisation de fabriquer l'explosif Prométhée.

L'article 7 de la loi de 1875 dit que des autorisations de fabrication par l'industrie privée pourront être accordées, en dérogation de la loi du monopole, pour des explosifs nouveaux.

La Commission a toujours admis que le terme *explosif nouveau* visait des composés chimiques nouveaux. Or, le Prométhée, pas plus que les poudres à double effet de M. Turpin et que les explosifs chloratés Street, ne présente le caractère de nouveauté susceptible de motiver une dérogation à la loi du monopole.

Il n'est pas douteux que, si la préparation du Prométhée exigeait, comme celle des autres explosifs, des appareils mécaniques et des locaux spéciaux, il n'y aurait pas lieu d'en autoriser la fa-

brication par l'industrie privée : le seul point à examiner serait celui de savoir si l'État aurait intérêt à en entreprendre la fabrication. Mais l'explosif de M. Larrüe présente cette particularité de se préparer sur place par la simple réunion de deux constituants dont la fabrication est permise, puisque chacun d'eux est inexplosif. L'État ne peut donc adopter que deux solutions : ou autoriser la fabrication sur place du Prométhée, ou en proscrire l'emploi d'une façon absolue en vertu de la loi du monopole.

La Commission estime qu'il serait fâcheux de priver l'industrie d'un explosif qui présente des garanties exceptionnelles de sécurité et elle est d'avis qu'il y aurait lieu d'autoriser la fabrication sur place du Prométhée, puisque l'État se trouve dans l'impossibilité matérielle de monopoliser cette fabrication.

.....

Paris, le 11 janvier 1900.

Le Rapporteur,
L. LHEURE.

Adopté par la Commission des substances explosives, dans sa séance du 11 janvier 1900.

Le Secrétaire.
LIOUVILLE.

Le Président,
BERTHELOT.

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION

DES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

PENDANT L'ANNÉE 1900 [1].

RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN 1900.

Ce rapport, établi conformément à l'article 4 du décret constituant la Commission des substances explosives, comprend les objets suivants :

1° *Analyse des rapports adressés au Ministre pendant l'année* 1900;

2° *Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des rapports établis pendant l'année 1900.

RAPPORT N° 133. — *Au sujet d'une réclamation contre l'emploi du Rackarock en Nouvelle-Calédonie.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. LIOUVILLE.)

Par dépêche du 28 octobre 1899, M. le Ministre de la Guerre a transmis à la Commission des substances explosives une réclamation formée par la Société générale pour la fabrication de la dynamite, contre l'introduction en Nouvelle-Calédonie d'un explosif américain dénommé *Rackarock*. M. le Ministre deman-

[1] Voir **1** 432, **2** 573, **3** 171, **4** 205, **5** 68, **6** 211, **7** 139, **8** 60, **9** 118 et **10** 17, 284 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1900.

dait à la Commission de lui faire connaître son avis sur la suite dont cette réclamation était susceptible.

Il résulte des diverses pièces du dossier communiqué et des renseignements recueillis par la Commission au sujet du Rackarock que ce produit, formé de chlorate de potasse et de nitrobenzine, présente, au point de vue des transports et de l'emploi, des dangers aussi faibles que possible, car les deux composants dont il est formé restent séparés jusqu'au moment même de l'emploi; l'un d'eux, le chlorate de potasse, étant inexplosible dans toutes les circonstances ordinaires, et l'autre, la nitrobenzine, étant un explosif de sensibilité très faible.

Les dangers de transport de ces matières séparées et ceux qui résultent de leur mélange semblent donc beaucoup moindres que les dangers de transport des dynamites.

En conséquence, et contrairement à l'opinion de la Société générale pour la fabrication de la dynamite, la Commission a pensé que l'interdiction d'introduire le Rackarock en Nouvelle-Calédonie ne saurait être basée sur les dangers de transport et d'emploi auxquels cet explosif peut donner lieu.

En ce qui concerne l'autorisation demandée par cette Société de fabriquer en France l'explosif dont il s'agit, la Commission a remarqué qu'aucune réglementation ne paraît s'opposer à ce que les composants du Rackarock soient introduits dès à présent en Nouvelle-Calédonie par la Société de la dynamite, comme ils le sont par les importateurs américains, sous réserve, s'il y a lieu, des droits consacrés par des brevets.

Quant à la fabrication du mélange en France, elle ferait précisément perdre à l'explosif les avantages qu'il présente au point de vue de la sécurité des transports et ne donnerait à la Société de la dynamite aucune facilité nouvelle pour faire concurrence à l'industrie étrangère en Nouvelle-Calédonie.

La Commission a donc été d'avis que cette fabrication ne pouvait être autorisée.

RAPPORT N° 134. — *Sur un nouvel explosif dit* Prométhée, *présenté par M. Larrüe.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. LHEURE.)

La partie technique de ce rapport est insérée in extenso, p. 39 et suiv.

Rapport n° 135. — *Sur l'examen d'un nouvel explosif breveté de la Société française des explosifs.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. Lheure.)

Par dépêche du 22 septembre 1899, le Ministre de la Guerre a soumis à l'examen de la Commission des substances explosives une demande de la Société française des explosifs, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer, dans son usine de Cugny, un nouveau type de dynamite au dosage suivant :

Nitroglycérine	30	100
Coton azotique soluble	1	
Essence de térébenthine	4	
Salpêtre	40	
Sulfate de magnésie	24	
Carbonate de soude	1	

Le Ministre invitait la Commission à lui faire connaître son avis sur la suite dont cette demande était susceptible et avait joint à sa dépêche la demande de ladite Société, une note sur les avantages que devait présenter le nouvel explosif et, enfin, l'exposé du brevet concernant cet explosif.

Cette dynamite-gomme rentre dans la catégorie des dynamites gélatinées dont la fabrication est sans inconvénient pour la sécurité publique, pourvu que les matières premières soient bien purifiées, que le produit final résiste à l'exsudation et qu'il n'y ait pas à craindre entre les composants de réactions chimiques susceptibles d'amener une décomposition nitreuse. Ce dernier point était à vérifier particulièrement, par suite de l'addition d'essence de térébenthine aux composants ordinaires des dynamites.

La Commission a reçu, le 19 septembre 1899, douze cartouches de 100gr du nouvel explosif, et cet échantillon a été dépensé entièrement dans les différentes épreuves d'humidité et de chauffage qu'elle lui a fait subir.

En ce qui concerne la purification des matières premières, la Commission a pensé que le contrôle constant exercé par l'agent des poudres et salpêtres attaché à l'usine de Cugny, et les épreuves réglementaires auxquelles sont soumis les cotons azo-

tiques, qui doivent être livrés par l'État, constituent des garanties suffisantes.

Pour étudier la tendance à l'exsudation et aux décompositions nitreuses, la Commission a fait exécuter, sur les divers échantillons reçus, des épreuves permettant d'étudier l'influence de l'humidité et de la température.

Ces expériences ont montré que la grisoutine-gomme de Cugny n'exsude pas d'une façon anormale. Toutefois, les modifications d'aspect physique de cet explosif, sa détérioration rapide par l'humidité et sa faible stabilité à la température de 40° sont de nature à faire craindre des inconvénients sérieux pour sa conservation et son emploi.

La Commission a été d'avis que la grisoutine-gomme de Cugny n'offrait pas de garanties suffisantes de stabilité et qu'il n'y avait pas lieu d'en autoriser la fabrication.

RAPPORT N° 136. — *Sur la fabrication des explosifs chloratés du type Street.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. MORIN.)

La partie technique de ce rapport est insérée in extenso p. 22 et suiv.

RAPPORT N° 137. — *Sur l'examen d'une demande formée par la Société française des explosifs.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. LHEURE.)

Par dépêche du 22 août 1899, le Ministre de la Guerre a demandé à la Commission des substances explosives de procéder à un nouvel examen de la demande de la Société française des explosifs tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer, dans son usine de Cugny, deux nouveaux types de dynamite dénommés *gommes de sûreté* NP *et* NS, aux dosages suivants :

Gomme NP	Nitroglycérine	25	100
	Coton azotique soluble	1	
	Nitrate d'ammoniaque	64	
	Nitrate de potasse	10	
Gomme NS	Nitroglycérine	25	100
	Coton azotique soluble	1	
	Nitrate d'ammoniaque	64	
	Nitrate de soude	10	

Dans son Rapport n° 132, du 14 décembre 1899, la Commission avait émis l'avis que la fabrication de ces deux types pouvait être autorisée sous la condition que les matières premières ne présenteraient aucun caractère d'acidité et que l'encartouchage serait très soigné.

Le Ministre de la Guerre n'a pas pensé que l'autorisation demandée pût être accordée dans ces conditions. Il a donc invité la Société française des explosifs à faire parvenir à la Commission de nouveaux échantillons, mieux encartouchés que les précédents, pour être soumis à son examen.

La Commission s'est bornée à rechercher si les nouvelles cartouches offraient une résistance suffisante à l'humidité.

Ces cartouches ayant présenté une résistance suffisante, la Commission a conclu que la fabrication de ces deux types pouvait être autorisée, pourvu toutefois que l'encartouchage en fût aussi soigné que celui des derniers échantillons soumis à son examen.

RAPPORT N° 138. — *Sur l'examen d'une demande d'autorisation pour la fabrication et le transport de nouveaux types de dynamite.*

(Étude confiée à la 1re section ; rapporteur : M. LHEURE.)

Par dépêche du 6 août 1898, le Ministre de la Guerre a soumis à l'examen de la Commission des substances explosives une demande, formée par la Société française des explosifs, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer, dans son usine de Cugny, et de transporter par chemin de fer, comme explosifs de sûreté, quatre dynamites grisoutines aux dosages suivants :

	GRISOUTINE			
	A.	B.	C.	D.
Nitrate d'ammoniaque	90,45	94,000	88,00	80,90
Résine	4,55	»	»	»
Nitroglycérine	4,85	5,875	11,75	19,50
Coton nitré soluble	0,15	0,125	0,25	0,50

Le Ministre invitait la Commission à lui faire connaître son avis sur la suite dont cette demande était susceptible.

Cette étude comprenait deux parties, que la Commission a examinées successivement : la première était relative à la fabrication des nouveaux types et la deuxième à leur transport par chemin de fer comme explosifs de sûreté.

Dans son Rapport, la Commission fait remarquer tout d'abord que la fabrication des grisoutines C et D est autorisée et que ces types sont fabriqués couramment dans l'industrie.

Quant aux grisoutines A et B, elles rentrent dans la catégorie des dynamites gélatinées dont la fabrication a pu être autorisée depuis longtemps déjà, sans inconvénient pour la sécurité publique. Toutefois, cette innocuité est liée, d'une part, au degré de purification des matières premières et, d'autre part, aux propriétés physiques du produit final, qui doit présenter une résistance suffisante à l'exsudation.

En ce qui concerne la purification des matières premières, la Commission estime que le contrôle exercé par l'agent des poudres et salpêtres attaché à l'usine de Cugny et les épreuves réglementaires auxquelles sont soumis les cotons azotiques fournis par l'État, constituent des garanties suffisantes.

Pour étudier la résistance à l'exsudation, la Commission a fait exécuter, sur les échantillons A et B, les expériences ordinaires sur l'influence de l'humidité et des élévations de température, tout en vérifiant si, pendant ces épreuves, il ne se produit pas d'altération nitreuse.

Les dynamites A et B ont supporté l'action de l'humidité et de la chaleur sans accuser d'exsudation de nitroglycérine ni de décomposition nitreuse; elles ont diminué notablement de volume sous l'influence prolongée de l'humidité.

La deuxième partie de la demande formée concernait l'autorisation de faire transporter en troisième catégorie, comme explosifs de sûreté, les grisoutines A, B, C, D.

La proportion de nitroglycérine étant très faible pour quelques-uns des échantillons, la Commission a pensé que, avant de se prononcer, il était indispensable de procéder à des essais spéciaux pour vérifier si l'exsudation de nitroglycérine était réellement à redouter pour ces échantillons, dans les circonstances de la pratique.

On a donc soumis les différentes grisoutines à l'influence de

l'humidité dans des cartouches dont les enveloppes avaient été préalablement détériorées. Après trois mois d'exposition, les liquides provenant des trois échantillons B, C, D se composaient d'une partie limpide et de grosses gouttes huileuses très denses. Ce liquide était de la nitroglycérine, car, en en recueillant de petites quantités sur un papier-filtre que l'on a soumis ensuite à des essais de choc sur une enclume, on a obtenu, dans tous les cas, de violentes détonations. Le liquide provenant de l'échantillon A se distinguait nettement des autres; il était entièrement limpide et ne laissait voir aucune gouttelette de nitroglycérine. Les matières de l'échantillon A, après avoir été soumises à une température de 30°, furent écrasées, puis réparties sur une enclume afin d'être soumises au choc du mouton. La détonation fut à peu près complète.

En résumé, avec les quatre grisoutines A, B, C, D, soumises à l'action prolongée de l'humidité, on a obtenu soit de la nitroglycérine libre (échantillons B, C, D), soit un mélange de nitroglycérine et de résine susceptible de détoner et de propager la détonation.

A la suite des différentes expériences effectuées par la Commission, elle a émis l'avis :

1° Que la fabrication des explosifs A et B peut être autorisée, sous la condition ordinaire que les matières premières soient débarrassées de toute acidité et que l'encartouchage étanche soit très soigné;

2° Que les explosifs A, B, C, D, au point de vue des transports par chemins de fer, doivent être assimilés aux autres dynamites et ne peuvent être classés en troisième catégorie.

RAPPORT N° 139. — *Sur un nouveau type d'explosif présenté par la Société d'Électrochimie sous le nom de* Pyrodialyte.

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. LHEURE.)

Par dépêche du 22 août 1899, le Ministre de la Guerre a saisi la Commission des substances explosives de l'examen d'une demande formée par la Société d'Électrochimie, en vue d'être autorisée à fabriquer, dans son usine de Saint-Michel-de-Maurienne, ou de faire fabriquer dans les établissements de l'État, une poudre

à double effet, à base de chlorate de potasse, dite *Pyrodialyte*.

Le Ministre invitait la Commission à procéder à des expériences sur les divers types du nouvel explosif et indiquait qu'elles devaient comprendre notamment l'évaluation de la force théorique destinée à servir de base à la fixation éventuelle de l'impôt.

A cette dépêche étaient jointes deux lettres de la Société d'Électrochimie : l'une formulant la demande de la Société et l'autre donnant la composition des différents types de Pyrodialyte.

Les échantillons parvenus à la Commission le 14 février 1900 étaient au nombre de deux, ne différaient que par la grosseur des grains et étaient de la composition suivante :

Chlorate de potasse	85	100
Résine	15	

Les inventeurs n'ont pas donné de détails sur leurs procédés de fabrication; ils ont seulement indiqué que l'on employait 2 pour 100 d'alcool pour faire l'incorporation du chlorate de potasse dans la résine.

Conformément aux instructions ministérielles, les échantillons de Pyrodialyte ont été soumis à divers essais destinés à caractériser leur puissance explosive, leur sensibilité et leurs propriétés brisantes.

Dans les expériences en vase clos, les deux échantillons ont donné très sensiblement les mêmes pressions. La force de la Pyrodialyte déduite de ces essais et comparée à celle de la poudre noire prise comme unité, a été trouvée de 1,74; les poudres chloratées Street avaient, dans les mêmes conditions, accusé une force de 1,9.

Dans les trous de mine, les résultats obtenus montrent que les effets de la Pyrodialyte sont un peu inférieurs à ceux des explosifs Street n^{os} 41 et 60.

Dans les essais de détonation à l'air libre, qui ont été effectués sur des feuilles de plomb et sur des plaques d'acier, la détonation a été complète, dans chaque cas, sous l'action d'une amorce de 1^{gr},5 de fulminate de mercure. Sur les feuilles de plomb, la détonation a laissé un sillon net, mais peu profond, à l'emplacement de la cartouche. Avec les plaques d'acier placées sur deux rails,

on n'a obtenu aucune flèche appréciable, alors que l'explosif Street type 60 donnait, dans les mêmes conditions, une flèche de 15^{mm} environ.

Les essais de détonation par chocs violents ont été faits en soumettant les échantillons de Pyrodialyte au choc d'un mouton cylindrique de 15^{mm} de diamètre, pesant 40^{kg} et tombant de $4^{m},50$ de hauteur. Les résultats des essais montrent que la détonation est incomplète, mais qu'elle se propage en dehors de la partie frappée et que cette propagation se fait à peu près dans les mêmes conditions qu'avec l'explosif Street type 60.

Les essais de combustion à l'air libre ont montré que la Pyrodialyte ne brûle pas, même en y mélangeant de petites quantités de coton-poudre pour en faciliter l'inflammation. Le poussier obtenu par écrasement ne brûle que difficilement, comme avec l'explosif Street n° 41.

En résumé, il résulte de cette étude sommaire que la Pyrodialyte présente une assez grande analogie de propriétés avec les explosifs Street. La force théorique de ces différents explosifs est à peu près la même; mais, au point de vue des propriétés brisantes, la Pyrodialyte paraît présenter sur les explosifs Street une infériorité assez marquée.

La deuxième partie de l'étude prescrite à la Commission concernait la question de l'autorisation de fabriquer la Pyrodialyte.

La Commission a reconnu que l'autorisation de fabrication par l'industrie ne pouvait être accordée, et que la Pyrodialyte n'avait, pas plus que les explosifs Street, le caractère de nouveauté susceptible de motiver une dérogation à la loi du Monopole.

Dans ces conditions, il restait à examiner si l'État pourrait avoir intérêt à entreprendre la fabrication de la Pyrodialyte.

Pour cet examen, la Commission a tenu compte de la puissance et des propriétés de la Pyrodialyte, comparées à celles des autres explosifs en usage, et a cherché si, au point de vue économique, elle présentait des avantages appréciables. Elle a conclu que, dans les conditions actuelles, l'État n'aurait aucun intérêt à entreprendre cette fabrication.

En résumé, à la suite de l'étude qu'elle a faite sur la Pyrodialyte, la Commission a été conduite aux conclusions suivantes :

1° Cet explosif ne présente pas le caractère légal de nouveauté visé par l'article 7 de la loi du 8 mars 1875 et rentre, par suite, dans la catégorie des matières dont la fabrication est monopolisée par l'État;

2° Actuellement, l'État n'a aucun intérêt à entreprendre la fabrication de cet explosif; mais, si le prix du chlorate de potasse s'abaissait au voisinage de 65^{fr} le quintal, la Pyrodialyte pourrait, comme les explosifs des types Street, constituer une base sérieuse de recherches dans l'étude des explosifs chloratés.

RAPPORT N° 140. — *Au sujet de l'embarquement des munitions sur les navires soumis au régime de l'émigration.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. BOULIOL.)

Par dépêche du 18 juin 1900, le Ministre de la Guerre a transmis à la Commission des substances explosives, pour examen et avis, une dépêche de M. le Ministre de l'Intérieur, relative à l'embarquement, sur les navires soumis au régime de l'émigration, des munitions de guerre non comprises dans le décret du 26 janvier 1887.

Dans sa dépêche, M. le Ministre de l'Intérieur fait connaître qu'il a reçu de la Compagnie du Creusot une lettre d'après laquelle cette Compagnie estime que, actuellement, les règlements relatifs au transport des munitions sont surannés, car les poudres de guerre n'offrent plus les mêmes dangers d'explosion qu'autrefois, et qu'il serait, en conséquence, fort désirable qu'on procédât à leur revision, pour faire disparaître les entraves fâcheuses et inutiles qu'ils apportent au commerce du matériel de guerre avec l'étranger.

La même question a été soulevée par le Ministre de la Marine, qui a demandé à faire voyager comme munitions de sûreté les douilles et cartouches pour canons à tir rapide de tous les calibres. La Commission s'est réservée de faire de cette dernière question l'objet d'un rapport spécial, qui sera établi ultérieurement.

La Commission a fait d'abord remarquer que, depuis 1861, époque à laquelle le décret relatif à l'émigration a été promulgué, les aménagements affectés au transport des passagers ont été considérablement améliorés; beaucoup de navires ont des soutes

étanches à parois métalliques assurant l'isolement complet des marchandises qu'ils contiennent. En conséquence, elle estime que, lorsque les navires sont munis de soutes convenablement aménagées et disposées de façon à permettre l'isolement des matières explosives ou incendiaires, il n'y a pas de raison pour les empêcher de bénéficier des dispositions de la loi du 18 juin 1870 et des décrets des 12 août 1874, 31 juillet 1875 et 28 janvier 1887 relatifs au transport des matières explosives et incendiaires par navires de commerce.

En ce qui concerne plus particulièrement l'envoi de munitions de la Compagnie du Creusot, qui a donné lieu à la dépêche de M. le Ministre de l'Intérieur, la Commission des substances explosives estime qu'il n'y a aucun inconvénient à accorder immédiatement l'autorisation demandée, étant données la nature de ces munitions et l'importance réduite de cet envoi.

Rapport n° 141. — *Sur l'examen d'une demande de la Société du Monobloc.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. Lheure.)

Par dépêche du 28 mai 1900, le Ministre de la Guerre a saisi la Commission des substances explosives d'une demande formée par la Société du Monobloc, au sujet du classement à attribuer à une cartouche spéciale de sa fabrication, pour les transports par voies ferrées.

La Commission a reçu pour ses essais vingt boîtes de cartouches emballées dans deux caisses en bois dont les parois avaient 24^{mm} d'épaisseur. Les cartouches sont métalliques et chargées en poudre pyroxylée du type J; la charge de poudre pèse $0^{gr},25$, et la balle ogivale pèse $2^{gr},10$. Ces cartouches sont percées d'un trou au fond de la douille pour permettre l'inflammation du fulminate par l'intermédiaire d'une amorce recevant la percussion. Ces cartouches sont renfermées dans des boîtes carrées en fer-blanc, de 61^{mm} de côté et 39^{mm} de hauteur, qui contiennent chacune cent cartouches.

La Commission a fait subir aux échantillons qui lui étaient soumis les épreuves qu'elle a l'habitude de faire subir aux munitions de cette nature.

Ces épreuves sont de trois sortes :

1° Chocs violents à une température voisine de 100°;

2° Amorçage par un détonateur à une température voisine de 100°;

3° Inflammation avec ou sans chauffage préalable des munitions;

Il résulte des essais effectués que les cartouches de la Société du Monobloc ne semblent pas présenter de dangers de combustion ou détonation en masse.

Le principal danger de ces munitions paraît consister dans la projection des balles à des distances assez grandes quand les cartouches brûlent à l'air libre, et ce danger n'est pas très redoutable; en tout cas, il ne doit pas être plus grave avec les cartouches perforées de la Société du Monobloc qu'avec les cartouches ordinaires chargées de la même façon. De sorte que, ces dernières ayant été rangées dans la catégorie des munitions de sûreté, la Commission est d'avis que les cartouches de la Société du Monobloc, sur lesquelles ont porté ses essais et dont le type est déposé au Laboratoire central des poudres, peuvent être considérées comme munitions de sûreté et classées en quatrième catégorie au point de vue des transports par chemin de fer.

Revue des travaux effectués pendant l'année.

Les travaux de la Commission, pendant l'année qui vient de s'écouler, ont porté sur un certain nombre d'études dont la plupart sont actuellement terminées.

Ces études sont désignées ci-après :

ÉTUDE N° 135.

Examen d'une demande concernant la fabrication et le transport de quatre nouveaux types de dynamite.

ÉTUDE N° 138.

Examen d'une demande d'autorisation pour la fabrication de la poudre dite « Pyrodialyte ».

Ces deux études sont terminées par les Rapports n° 138, du 10 mai 1900, et n° 139, du 14 juin 1900, analysés plus haut.

ÉTUDE N° 141.

Projet de modification du décret du 27 janvier 1887 relatif à l'embarquement des poudres et munitions à bord des paquebots.

L'examen de cette question a été interrompu dans le cours de l'année 1900, par suite du départ presque simultané des représentants du Ministère de la Marine attachés à la Commission. Cet examen a été repris après la nomination de leurs successeurs, et il a abouti à l'élaboration d'un Rapport qui vient d'être adressé au Ministre de la Guerre et qui sera analysé dans le prochain *Compte rendu*.

ÉTUDE N° 142.

Examen d'un nouvel explosif dit « Prométhée », présenté par M. Larrüe.

Cette étude a été terminée par le Rapport n° 134, du 11 janvier 1900, inséré au *Mémorial*, p. 39 et suiv.

ÉTUDE N° 143.

Examen d'une demande formée par la Société française des explosifs pour la fabrication de deux types de dynamite dénommés « Gommes NP et NS ».

Cette étude, qui avait déjà donné lieu, en 1899, à l'établissement du Rapport n° 132, a dû être reprise à la suite d'une dépêche ministérielle provoquant la reprise de cette étude sur de nouveaux échantillons. Elle est actuellement terminée par le Rapport n° 137, du 10 mai 1900, analysé plus haut.

ÉTUDE N° 146.

Examen d'un nouvel explosif, breveté, de la Société française des explosifs.

Cette étude, qui a donné lieu au Rapport n° 135, du 8 mars 1900, analysé plus haut, est reprise actuellement en vertu d'une dépêche ministérielle du 11 décembre 1900, provoquée par une réclamation de la Société française des explosifs.

ÉTUDE N° 148.

Réclamation contre l'emploi du Rackarock en Nouvelle-Calédonie.

Cette étude est terminée par le Rapport n° 133, du 11 janvier 1900, analysé plus haut.

ÉTUDE N° 149.

Étude de la fabrication des explosifs chlorates, types Street, n^os^ 41 et 60.

Cette étude est terminée par le Rapport n° 136 du 8 mars 1900, inséré au *Mémorial,* p. 22 et suiv.

ÉTUDE N° 150.

Question du transit, en France, des cheddites de la Société Bergès, Corbin et C^ie^.

Cette question était traitée dans le Rapport n° 136, concernant les explosifs chlorates du type Street, et le Ministre de la Guerre en a été informé par lettre du Président de la Commission, en date du 26 novembre 1900.

ÉTUDE N° 152.

Étude sur la question du bourrage des coups de mine.

Cette étude, de laquelle la Commission s'est occupée pendant l'année 1900, vient de faire l'objet d'nn Rapport qui a été adressé au Ministre et a été inséré *in extenso* au *Mémorial,* p. 7 et suiv.

ÉTUDE N° 154.

Examen d'une demande de M. Wagner, relative au transport de ses amorces.

Par une lettre du 10 juillet 1900, M. Wagner a informé la Commission qu'il renonçait à sa demande; l'étude a été, en conséquence, supprimée.

ÉTUDE N° 155.

Examen d'une demande de la Société du Monobloc.

ÉTUDE N° 156.

Question de l'embarquement des munitions sur les navires soumis au régime de l'émigration.

Ces deux études sont également terminées par les Rapports n° 141, du 8 novembre 1900, et n° 140, du 12 juillet 1900, analysés plus haut.

ÉTUDE N° 157.

Étude des engins explosifs destinés à écarter la grêle.

Cette étude a déjà donné lieu à certaines délibérations, et la

Commission s'occupe actuellement de réunir, avant de commencer ses travaux, les documents se rattachant à cette étude, publiés tant en France qu'à l'étranger.

ANNEXE.

CHANGEMENTS SURVENUS DANS LE PERSONNEL DE LA COMMISSION PENDANT L'ANNÉE 1900.

La composition de la Commission des substances explosives (1) a subi, pendant l'année 1900, les modifications suivantes :

Par décision du Ministre de la Guerre, en date du 17 mars 1000, M. le chef d'escadron BOULIOL, de l'artillerie de la marine, a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. le chef d'escadron GERBAULT, appelé à d'autres fonctions.

Par décision du Ministre de la Guerre, en date du 18 octobre 1900, M. le colonel BONNIER, de l'artillerie de la marine, a été nommé membre de la Commission, en remplacement de M. le colonel LECHIEN, admis à la retraite.

Par décision du Ministre de la Guerre, en date du 28 novembre 1900, M. le chef d'escadron LALUNE, de l'artillerie de la marine, a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. le commandant BOULIOL, actuellement en service en Chine.

M. le commandant CANDÈZE, de la même arme, a remplacé M. le commandant DUPONT comme membre adjoint de la Commission.

Enfin, par décision du Ministre de la Guerre, en date des 3 et 15 décembre 1900 :

MM. DABAT, sous-directeur de l'agriculture;
HOUDAILLE, professeur à l'École normale d'agriculture de Montpellier;
ANDRÉ, professeur à l'Institut agronomique;
René CAVARD, directeur de la Sûreté générale,
JOFFROY, chef de bureau à la direction de la Sûreté générale,

ont été adjoints temporairement à la Commission des substances explosives, en vue de l'examen des questions se rapportant à l'étude des engins explosifs destinés à écarter la grêle.

En conséquence, l'état de la Commission, au 31 décembre 1900, est le suivant :

(1) Voir *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, t. X, p. 295.

Membres titulaires.... MM. BERTHELOT, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, membre de l'Académie française, *président;*

SARRAU, inspecteur général des poudres et salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président;*

MORIN, ingénieur en chef des poudres et salpêtres;

BONNIER, colonel de l'artillerie de la marine;

Général RICQ, commandant l'artillerie du deuxième corps d'armée;

CORNU, ingénieur en chef des mines, membre de l'Institut;

BERTRAND, chef de bataillon du génie;

VIEILLE, ingénieur en chef des poudres et salpêtres;

LIOUVILLE, ingénieur des poudres et salpêtres, *secrétaire.*

Membres adjoints..... BONNICHON, capitaine d'artillerie;

CANDÈZE, chef d'escadron de l'artillerie de la marine;

DUCRU, capitaine d'artillerie;

HAGRON, ingénieur en chef des poudres et salpêtres;

LALUNE, chef d'escadron de l'artillerie de la marine;

LEPIDI, capitaine d'artillerie;

LHEURE, ingénieur des poudres et salpêtres;

LEDOUX, ingénieur en chef des mines, en retraite;

LE CHATELIER, ingénieur en chef des mines;

CHESNEAU, ingénieur en chef des mines.

Membres temporaires... DABAT, sous-directeur au ministère de l'agriculture;

HOUDAILLE, professeur à l'École normale d'agriculture;

ANDRÉ, professeur à l'Institut agronomique;

René CAVARD, directeur de la Sûreté générale;

JOFFROY, chef de bureau à la direction de la Sûreté générale.

Paris, le 21 mars 1901.

Vu :

Le président,
BERTHELOT.

Le secrétaire,
LIOUVILLE.

COMMISSION DE FABRICATION DES POUDRES ET EXPLOSIFS DE GUERRE.

INSTRUCTION

SUR LE DOSAGE

DU PERCHLORATE ET DU CHLORATE DE POTASSE

DANS LE SALPÊTRE RAFFINÉ

DESTINÉ AU SERVICE DE L'ARTILLERIE.

Les salpêtres raffinés destinés à être livrés au Service de l'Artillerie doivent satisfaire aux conditions de pureté ci-dessous indiquées :

1° Taux de chlorure (limite actuelle), inférieur à $\frac{1}{10000}$;
2° Taux de chlorate de potasse, inférieur à $\frac{1}{10000}$;
3° Taux de perchlorate de potasse, inférieur à $\frac{1}{1000}$.

Les salpêtres employés à la fabrication des poudres de guerre doivent satisfaire aux deux premières conditions. En outre, le taux de perchlorate de potasse qu'ils renferment doit être inférieur à $\frac{3}{1000}$.

La vérification du taux de chlorure se fait d'après les procédés déjà réglementaires.

Celle des taux de chlorate et de perchlorate exige les opérations suivantes :

I. — PERCHLORATES.

a. *Calcination du perchlorate.*

b. *Dosage du chlore provenant du perchlorate.*

a. *Calcination du perchlorate.* — On pèse 10^{gr} de salpêtre sec et on les place dans un creuset de platine muni d'un cou-

vercle. On leur ajoute 10^{gr} environ de carbonate de soude exempt de chlore, et l'on mélange les deux matières au moyen d'un fil de platine. On couvre ensuite le creuset de son couvercle et l'on commence à chauffer très doucement. On augmente le feu progressivement, de manière à amener et à maintenir la fusion tranquille et complète de la masse, et en prenant bien soin de ne jamais découvrir le creuset. On maintient la fusion pendant un quart d'heure. On éteint enfin le feu et on laisse refroidir le creuset toujours muni de son couvercle. Le creuset étant refroidi, on vérifie que l'opération a été bien conduite. Si l'on a opéré correctement, la matière formera une masse compacte adhérant au fond du creuset et il n'y aura sur la paroi intérieure, au-dessus de la masse solidifiée, aucun bourrelet de matières indiquant un boursouflement qui pourrait soustraire une partie de la masse à la calcination. Il peut être utile de faire une première opération dans laquelle on découvrira le creuset de temps en temps, afin de se rendre compte rapidement de la manière dont il faut régler la flamme pour obtenir le résultat énoncé plus haut.

b. *Dosage du chlore provenant du perchlorate.* — On vérifie par la méthode qualitative réglementaire pour l'analyse des salpêtres raffinés que le taux de perchlorate est inférieur à 0,10 pour 100. A cet effet, la masse fondue est dissoute dans l'acide nitrique pur étendu de la moitié de son volume d'eau. On évitera les projections en plaçant sur le creuset un verre de montre et en se servant, pour verser l'acide, d'une pipette dont on introduit la pointe effilée entre le verre de montre et le bord du creuset. On ajoute l'acide peu à peu jusqu'à ce qu'une nouvelle addition ne produise plus d'effervescence. Pour plus de sûreté, on vérifie avec un papier bleu de tournesol que le liquide du creuset est franchement acide. On transvase ce liquide dans un flacon jaugé, de 250^{cm^3}. On lave le verre de montre avec quelques gouttes d'eau distillée. On lave aussi le creuset deux ou trois fois à l'eau distillée et l'on verse les eaux de lavage dans le flacon jaugé. On complète le volume à 250^{cm^3} et l'on agite pour obtenir un liquide bien homogène. Avec une pipette jaugée, on prélève 50^{cm^3} de liqueur et, au moyen d'une pipette graduée en dixièmes de centimètre cube, on leur ajoute un volume de liqueur de nitrate d'ar-

gent (¹) capable de saturer le chlorure qui correspond au taux limite de perchlorate de 0,10 pour 100 (augmenté du taux limite de $\frac{1}{10000}$ de chlorure); on agite le liquide et l'on filtre (le filtre étant préalablement lavé à l'acide nitrique), en repassant le liquide sur le filtre jusqu'à ce qu'il soit clair. On essaie cette liqueur à l'acide chlorhydrique et au nitrate d'argent, afin de vérifier si elle contient plus ou moins de chlorure que la quantité fixée par le taux limite.

Le reste de 250^{cm^3} permet de renouveler l'essai ou, si on le juge utile, de fixer le taux de perchlorate du salpêtre examiné.

II. — Chlorates.

Les deux méthodes suivantes permettent :

1° De vérifier qualitativement la présence des chlorates dans les salpêtres raffinés;

2° De doser approximativement ces chlorates.

Première méthode.

Elle est basée sur l'action de l'acide sulfurique concentré sur les chlorates. Si un salpêtre raffiné renferme des chlorates et qu'on le projette dans l'acide sulfurique pur à 66°, il se développe une coloration jaune, d'autant plus intense que le taux de chlorate est plus élevé. Afin de mieux juger de la coloration et en même temps de doser approximativement les chlorates d'un salpêtre raffiné, on opérera de la manière suivante :

On prépare des types de salpêtre à 0, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{10000}$ de chlorate en arrosant des poids connus de salpêtre à 0 avec des volumes convenables d'une disssolution de chlorate de K (à 1^{gr} par litre, par exemple), séchant et pulvérisant pour avoir une masse bien homogène. Dans 4 verres de montre identiques, placés sur une même feuille de papier blanc (*fig.* 1), on verse 4-5^{cm^3} de SO^4H^2 pur à 66°. On projette en 1 le salpêtre type à 0, en 2 le salpêtre à $\frac{1}{1000}$,

(¹) Il est commode de se servir d'une liqueur dont 1^{cm^3} correspondrait à 2^{mg} de perchlorate. Cette liqueur est préparée en dissolvant $1^{gr},56$ d'argent fin dans quelques centimètres cubes d'acide nitrique pur et complétant le volume à 1 litre.

en 3 le salpêtre à $\frac{1}{10000}$, en 4 le salpêtre à essayer. La matière doit former une masse conique dont le sommet arrivera à la surface de l'acide. On n'agite pas. Au bout d'une demi-minute, on observe la coloration des masses solides. Considérant le verre de montre qui renferme le salpêtre à essayer, on regarde d'abord si la coloration que présente la matière est d'ordre supérieur au $\frac{1}{10000}$. Si

Fig. 1.

cette condition est remplie, l'épreuve est terminée. Si elle ne l'est pas, on intercale le salpêtre à essayer entre deux salpêtres types de la série. On obtient ainsi deux nombres comprenant entre eux la teneur en chlorate du salpêtre à essayer. La présence d'un certain nombre de types facilite beaucoup les comparaisons et est très utile, même si le salpêtre à analyser renferme moins de $\frac{1}{10000}$ de chlorate.

Deuxième méthode.

Elle est fondée sur l'action qu'exercent les azotites sur les chlorates. On opérera de la manière suivante :

On pèse 10^{gr} du salpêtre à essayer. On les dissout dans 50^{cm^3} à 60^{cm^3} d'eau. On ajoute au liquide 4 à 5 gouttes de liqueur neutre de nitrate d'argent (à $10^{gr},8$ par litre), de manière à précipiter la totalité des chlorures. On filtre en repassant le liquide sur le filtre jusqu'à ce qu'il soit parfaitement limpide. On vérifie qu'une goutte de nitrate d'argent n'y produit plus de trouble. On chauffe le liquide limpide vers 90°. On y ajoute alors 15^{cm^3} à 20^{cm^3} d'une solution dans l'eau d'azotite de plomb. (Il est inutile de filtrer cette solution. Pour la préparer, on met dans le fond d'un verre quelques grammes d'azotite de plomb, on ajoute de l'eau. On agite vivement et le liquide obtenu est pris tel quel.) On fait disparaître le trouble produit en ajoutant 5^{cm^3} à 10^{cm^3} d'acide nitrique pur à 36° étendu de son volume d'eau.

Si la liqueur louchit, le salpêtre renfermait des chlorates. Pour vérifier que le taux de ces chlorates est $< \frac{1}{10000}$, on compare le louche produit à celui qu'on obtient en opérant dans les mêmes conditions que précédemment, non plus avec une liqueur salpê-

trée, mais avec de l'eau distillée additionnée d'un volume convenable d'une solution titrée de chlorate de potasse. On prendra, dans les deux cas, des verres identiques et des volumes de liqueur identiques également.

Paris, le 16 décembre 1899.

L'Inspecteur général, Président,
CH. ARNOULD.

COMMISSION CENTRALE DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES.

VITESSES ET PRESSIONS

DÉVELOPPÉES A DIVERSES CHARGES

PAR LES POUDRES DE CHASSE PYROXYLÉES

DANS LES ARMES DE CHASSE [suite] (1).

Poudre J n° 1. — Calibre 12.

$$V = \frac{A\varpi^{\frac{1}{2}}}{p^{\frac{1}{8}}}, \qquad \log A = 2,30535,$$

$$P = K\varpi p^{\frac{1}{2}}, \qquad \log K = 1,19231.$$

POIDS de la charge de poudre.	POIDS DES CHARGES DE PLOMB.					
	30 grammes.		36 grammes.		40 grammes.	
	Vitesses.	Pressions.	Vitesses.	Pressions.	Vitesses.	Pressions.
gr			m	kg	m	kg
3,00	"	"	223,5	280	220,6	295
3,25	"	"	232,7	304	229,6	320
3,50	m 247,0	kg 298	241,5	327	238,3	345
3,75	255,7	320	249,9	350	246,7	369
4,00	264,1	341	258,1	374	254,8	394
4,25	272,2	362	266,1	397	262,6	418
4,50	280,1	384	273,8	420	270,2	443
4,75	287,8	405	281,3	444	277,6	468
5,00	295,2	426	288,6	467	284,8	492
5,25	302,5	448	295,7	490	291,9	517
5,50	309,7	469	302,7	514	298,7	542

(1) Voir le *Mém. des Poudr. et Salp.*, t. X, p. 31 et suiv.

Poudre J n° 1. — Calibre 16.

$$V = \frac{A\varpi^{\frac{1}{2}}}{p^{\frac{1}{8}}}, \qquad \log A = 2{,}35023,$$

$$P = K\varpi p^{\frac{1}{2}}, \qquad \log K = 1{,}39861.$$

POIDS de la charge de poudre.	POIDS DES CHARGES DE PLOMB.					
	25 grammes.		30 grammes.		35 grammes.	
	Vitesses.	Pressions.	Vitesses.	Pressions.	Vitesses.	Pressions.
gr					m	kg
2,40	//	//	//	//	222,5	355
2,60	//	//	//	//	231,6	385
			m	kg		
2,80	//	//	245,0	384	240,3	415
3,00	//	//	253,6	411	248,8	444
	m	kg				
3,20	268,0	401	261,9	439	256,9	474
3,40	276,2	426	270,0	466	264,8	504
3,60	284,2	451	277,8	494	272,5	533
3,80	292,0	476	285,4	521	//	//
4,00	299,6	501	292,8	548	//	//
4,10	307,0	526	//	//	//	//
4,40	314,2	551	//	//	//	//

Poudre J n° 1. — Calibre 20.

$$V = \frac{A\varpi^{\frac{1}{2}}}{p^{\frac{1}{8}}}, \qquad \log A = 2{,}37598,$$

$$P = K\varpi p^{\frac{1}{2}}, \qquad \log K = 1{,}55864.$$

POIDS de la charge de poudre.	POIDS DES CHARGES DE PLOMB.							
	22 grammes.		26 grammes.		28 grammes.		30 grammes.	
	Vitesses.	Pressions	Vitesses.	Pressions	Vitesses.	Pressions	Vitesses.	Pressions
gr			m	kg	m	kg	m	kg
2,00	//	//	223,7	369	221,6	383	219,7	396
2,20	//	//	234,6	406	232,4	421	230,4	436
	m	kg						
2,40	250,2	407	245,0	443	242,8	460	240,7	476
2,60	260,4	441	255,0	480	252,7	498	250,5	515
2,80	270,2	475	264,6	517	262,2	536	260,0	555
3,00	279,7	509	273,9	554	271,4	575	269,1	595
3,20	288,9	543	//	//	//	//	//	//
3,40	297,8	577	//	//	//	//	//	//

Poudre J n° 2. — Calibre 20 (1).

$$V = \frac{A\varpi^{\frac{1}{2}}}{p^{\frac{1}{6}}}, \qquad \log A = 2,39855,$$

$$P = K\varpi p^{\frac{1}{2}}, \qquad \log K = 1,60044.$$

POIDS de la charge de poudre.	POIDS DES CHARGES DE PLOMB.					
	22 grammes.		26 grammes.		30 grammes.	
	Vitesses.	Pressions.	Vitesses.	Pressions.	Vitesses.	Pressions.
gr					m	kg
2,00	//	//	//	//	231,4	437
2,10	//	//	m 241,4	kg 427	237,2	458
2,20	//	//	247,1	447	242,7	480
2,30	m 258,0	kg 430	252,7	467	248,2	502
2,40	263,5	448	258,1	488	//	//
2,50	269,0	467	263,4	508	//	//
2,60	274,3	486	268,6	528	//	//

(1) Ce Tableau remplace le Tableau de la page 38 du Tome X.

RECHERCHES

SUR LES

RETARDS D'INFLAMMATION DES POUDRES

PYROXYLÉES DE CHASSE;

PAR

M. R. LIOUVILLE,

Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

Des recherches ont été entreprises au Laboratoire central des Poudres en vue d'obtenir quelques données sur les retards que comporte l'inflammation des diverses poudres pyroxylées, soit dans les douilles ordinairement usitées pour ces sortes de poudres, soit dans les douilles amorcées d'une manière différente. Les essais ont été faits dans des fusils de calibre 12, 16 et 20 : ils ont porté sur les poudres S_1, S_2, J_1, J_2, M, R, T et, à titre de comparaison, sur les poudres noires fortes, n^{os} 2 et 4.

On s'était proposé d'obtenir, pour chacune des conditions de tir examinées, le temps qui s'écoule entre le moment où l'amorce est enflammée et celui où la poudre essayée entre en combustion. Toutefois, cette durée ne pouvant manifestement être obtenue d'une façon directe, on a été conduit à mesurer d'abord une autre donnée, plus facilement accessible, le temps qui s'écoule entre l'instant qui correspond au choc du percuteur et celui qui est marqué par la sortie des plombs à la bouche du fusil. Il est clair que ce dernier contient, outre celui qu'on voulait connaître, d'autres durées qu'il en a fallu retrancher, après les avoir déduites d'expériences auxiliaires.

C'est dans ce but qu'ont été faits quelques essais, dans lesquels la poudre essayée se trouvait remplacée par une autre, de vivacité pratiquement indéfinie. Le retard constaté dans ces conditions étant soustrait du retard correspondant à chacune des poudres essayées, il restait un nombre faisant connaître le retard d'inflammation propre à cette poudre augmenté de la durée du parcours des projectiles dans l'âme. Quant à cette durée de parcours, nous n'avons fait aucune recherche pour l'évaluer et nous nous sommes borné à la maintenir le plus possible constante.

Les vitesses à 15^m et les pressions maxima ont été mesurées toutes les fois que ces données ont paru de quelque intérêt pour les comparaisons qu'on s'était proposées.

Appareil employé.

L'appareil dont on a fait usage était constitué de la manière suivante : sur la tige du percuteur est fixée une couronne en ébonite, maintenue dans sa position par une vis de pression (*fig.* 1). Elle est traversée par une autre vis en cuivre, d'axe parallèle à celui de la tige du percuteur et dont la tête, formant poupée, reçoit l'un des fils conducteurs d'un courant électrique. La pointe, après avoir traversé l'épaisseur de l'ébonite, émerge d'une petite quantité qu'on peut régler à volonté en faisant tourner à la main la vis dans son logement. Il est possible ainsi de l'amener au contact d'une petite masse métallique portée à l'extrémité d'un ressort flexible fixé sur la tige du percuteur. Enfin, le bouchon culasse est muni d'une petite poupée, où l'on peut amener le second fil du courant électrique dont il a déjà été parlé. Ce courant se trouve ainsi fermé, quand l'appareil est au repos, par l'intermédiaire du bouchon, du ressort et de la masse qu'il porte à son extrémité : la couronne d'ébonite, non conductrice, s'oppose à son passage, dès que la masse mobile cesse d'être en contact avec l'extrémité de la vis parallèle à la tige du percuteur.

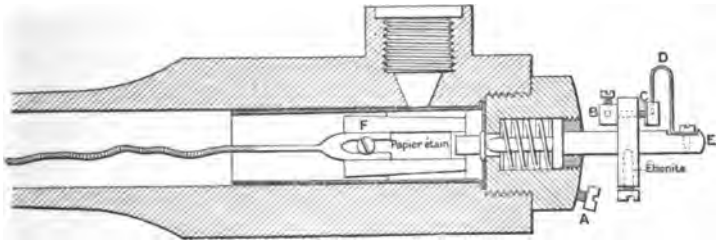
L'appareil donne ainsi un signal à l'instant où le percuteur reçoit le choc du marteau : en effet, pendant que la tige du percuteur s'avance et entraîne le ressort, la masse, fixée à l'extrémité de ce dernier, demeure d'abord en retard, en raison de son inertie, et cesse de reposer sur la pointe de la vis ; le courant se trouve ainsi

rompu pendant quelques instants, il se rétablit de lui-même quand la pointe du percuteur a frappé l'amorce.

Un second signal est donné par la rupture du fil placé à la bouche du fusil : on connaît donc ainsi le temps qui s'écoule de-

Fig. 1.

Appareil pour la mesure du temps qui s'écoule entre le coup de maillet et l'inflammation de l'amorce.



LÉGENDE.

Un bouchon en bois F, de forme conique, perforé dans toute sa longueur, porte, fixés à son extrémité supérieure, les deux fils du courant du chronomètre. Le courant est fermé au moyen d'une bande de papier d'étain qui relie les deux fils. Le bouchon F est ensuite enroulé dans une bande de papier (en laissant libre la partie de l'étain qui doit être brûlée par l'amorce) et introduit dans la douille.

L'amorce en s'enflammant brûle la bande de papier d'étain qui se trouve placée au-dessus et le courant du chronomètre est rompu.

On mesure ainsi le temps qui s'écoule entre la rupture du premier courant (enregistreur) et la rupture du deuxième courant (chronomètre).

Le courant de l'enregistreur est fermé aux points A et B.

Le coup de maillet porté sur le point E fait vibrer le ressort D qui se détache du point de contact C, et le courant se rompt pour se rétablir aussitôt.

puis le choc du marteau sur le percuteur jusqu'à l'arrivée des projectiles à la bouche du fusil.

Un essai particulier permet d'obtenir une donnée plus précise ; voici en quoi il consiste : Dans une douille de chasse ordinaire, on introduit un bouchon en bois, perforé dans toute sa longueur ; sur les côtés on a fixé, de part et d'autre, deux fils métalliques en relation avec les deux pôles d'une pile. Les extrémités de ces deux fils ne se touchent pas, mais elles sont en communication par une bande de papier d'étain, qui passe sur la partie plate du bouchon, près du fond de la douille et vis-à-vis de l'amorce portée

par cette dernière. Tout ce dispositif est recouvert d'une feuille de papier enroulée et collée sur le pourtour du bouchon, mais laissant libres le fond et le papier d'étain qui le traverse. Sur ce papier d'étain, on a déposé, avec un pinceau légèrement gommé, une petite quantité de fulminate de mercure. Les choses étant ainsi préparées, si le marteau vient frapper sur le percuteur, un premier signal est donné, dès la mise en mouvement du percuteur, comme pour l'essai précédemment décrit. Quand le percuteur a frappé l'amorce, celle-ci enflamme le fulminate déposé sur le papier d'étain, et la destruction de cette bande d'étain rompt le courant électrique qui passait dans les fils fixés au bouchon. Les deux signaux ainsi déterminés font connaître le temps qui s'écoule entre l'instant où le percuteur est actionné et celui où une poudre, de sensibilité très grande, en quelque sorte pratiquement indéfinie comme le fulminate, est enflammée. En retranchant le temps ainsi trouvé de celui que donne l'essai précédent, on obtient le retard d'inflammation de la poudre essayée comparée au fulminate de mercure dans les mêmes conditions d'expérience, ce retard étant augmenté de la durée de parcours des projectiles dans l'arme. Cette dernière durée ne peut guère être évaluée avec précision par des expériences simples : le calcul ne la donnerait aussi qu'avec une exactitude contestable et, comme dans tous nos tirs nous avons fait en sorte d'obtenir des vitesses initiales à peu près égales, nous n'avons pas cherché à tenir compte de la durée de parcours des projectiles dans l'arme en vue d'obtenir des données absolues.

Signification des nombres obtenus.

Les nombres inscrits dans les tableaux qui vont suivre ne doivent par conséquent être utilisés que pour des comparaisons et leurs différences seules peuvent être regardées comme intéressantes.

Il est une autre raison pour justifier cette réserve : en fait, et malgré les dénominations que nous avons adoptées dans les Tableaux ci-joints, les nombres qui y sont inscrits ne représentent pas exactement le temps de parcours des projectiles dans l'arme augmenté du retard d'inflammation de la poudre, mais bien ce

temps modifié par une erreur constante. L'erreur dont il s'agit doit sans doute être attribuée à ce que l'instant du choc sur le percuteur n'est pas défini d'une façon exacte par la rupture d'un courant électrique : elle est manifeste surtout pour les tirs de poudre de chasse forte n° 4 dans le calibre 20. Les durées inscrites se sont en effet abaissées, dans ces conditions, jusqu'à $1^{ms},70$: la longueur de l'arme étant d'environ $0^{m},75$, la vitesse des projectiles dans l'arme devrait être *en moyenne* de plus de 400^{m} pour correspondre à une aussi courte durée, alors même que le retard d'inflammation de la poudre serait exactement nul. Or la vitesse ne peut évidemment être en moyenne supérieure à 400^{m}, cette dernière valeur étant à peine atteinte au moment où les plombs sortent du fusil.

En résumé, nous admettons que les nombres trouvés sont faussés par quelques erreurs dont l'ensemble représente une durée constante et que leurs différences seules sont dignes d'intérêt. Pour ce motif, il ne paraît pas inutile d'éviter les retards d'inflammation constatés avec certaines douilles (par exemple douilles bleues), alors même que ces retards, d'après la valeur qui les représente dans nos Tableaux, ne semblent pas assez forts pour gêner le tireur d'une façon sensible. Leur valeur absolue, qui n'est pas déterminée jusqu'à présent, peut, en effet, atteindre les limites au delà desquelles le tireur éprouverait une gêne appréciable et il semble bien, d'après la pratique courante, qu'il en est ainsi.

Exposé des résultats et conséquences qui s'en déduisent.

Nos essais comprennent :

1° La comparaison des retards d'inflammation constatés avec une même poudre, dans des douilles amorcées différemment ou chargées de façons diverses.

2° La comparaison des poudres pyroxylées fabriquées en France, dans des douilles amorcées de la même manière (douilles normales pour poudres pyroxylées, amorçage C_3).

Une première catégorie d'essais a montré que les douilles de

qualité ordinaire, douilles bleues, suffisantes pour le tir des poudres de chasse noires, donnent lieu à des retards d'inflammation inadmissibles avec toutes les poudres pyroxylées. Ces retards atteignent leur valeur la plus faible avec la poudre J_2 et leur valeur maximum avec la poudre T; ils sont accompagnés d'un abaissement notable des vitesses et, dans le cas de la poudre T, les irrégularités et les imperfections du tir deviennent perceptibles sans le secours d'aucun appareil. Au contraire, les douilles destinées aux poudres pyroxylées (douilles saumon) n'ont qu'un avantage négligeable sur les douilles bleues lorsqu'il s'agit des poudres de chasse noires (forte n^{os} 2 et 4).

Dans une seconde série d'expériences, après avoir remarqué que les diverses poudres pyroxylées donnent lieu à des retards d'inflammation inégaux dans les calibres 12, 16 et 20, nous avons été conduit à rechercher s'il n'était pas possible de modifier le mode d'amorçage des douilles calibre 12 et calibre 20, en vue d'uniformiser le plus possible les retards d'inflammation de la poudre T, prise pour exemple, dans les trois calibres. Cette recherche avait, dans le cas du calibre 12, un intérêt certain, parce que les retards constatés pour ce calibre avaient une valeur notable, et l'on pouvait espérer, en les réduisant, obtenir des tirs plus réguliers et plus avantageux au point de vue balistique. Il y avait aussi quelque intérêt à entreprendre la même recherche pour le calibre 20, car il était naturel de penser qu'en diminuant l'intensité de l'inflammation dans ce calibre on ferait, en partie, disparaître les pressions relativement élevées qui s'y développent, même dans des conditions de tir peu éloignées des conditions normales. Le calibre 16, au contraire, semblait donner, avec la poudre T, des tirs à peu près irréprochables.

En ce qui concerne le calibre 12, nous avons comparé les douilles ordinaires pour poudres pyroxylées (amorçage C_3) avec des douilles contenant des amorces plus fortes de même composition (amorçage C_4 et C_5), puis avec des douilles portant des amorces de forme différente (C_3 grands évents et C_4 grands évents). Il a été d'abord reconnu que, soit au point de vue des retards d'inflammation, soit au point de vue des effets balistiques, l'emploi des amorçages dits *à grands évents* était sans aucun avantage. Au contraire, le type C_4 a présenté sur le type C_3, soit

avec la poudre T, soit avec les poudres M et J_2, des avantages très nets aux deux points de vue qui viennent d'être rappelés. L'amorçage C_5, plus intense encore que l'amorçage C_4, n'a pas paru constituer une amélioration sensible et s'est trouvé, par suite, écarté. La poudre noire (forte n° 4) est restée à peu près insensible à toutes ces différences d'amorçage, comme les résultats déjà obtenus donnaient à le supposer.

Si l'on considère, par exemple, la poudre T, nous avons trouvé que l'amorçage C_4 permet de réduire son retard d'inflammation, dans le calibre 12, à la valeur qu'il a, dans le calibre 16, avec les douilles normales (amorçage C_3). En même temps, les vitesses se sont accrues, pour une même charge (2^{kr},40), d'environ 16^m, pendant que les pressions moyennes se sont relevées de 130^{kg}. On en conclut que l'on pourrait, grâce à l'amorçage C_4, retrouver les vitesses et pressions obtenues d'ordinaire avec les douilles C_3, tout en réduisant un peu la charge de poudre. Des avantages analogues se sont présentés pour les poudres M et J_2.

En ce qui concerne le calibre 20, les essais faits avec des douilles d'amorçage moins intenses que celles qui sont livrées à l'industrie (amorçage C_2 et $C_{2,5}$) n'ont pas donné des résultats assez satisfaisants pour qu'il paraisse utile de s'y arrêter : les douilles C_2 ont donné lieu à des retards d'inflammation trop considérables et les douilles $C_{2,5}$ n'ont pas laissé un bénéfice suffisant sur les pressions, eu égard à la légère baisse de vitesse correspondante.

Enfin, quelques expériences ont été faites en vue de modifier la composition même des amorces. Les essais ont porté sur des amorces dites DC, contenant une proportion de fulminate beaucoup plus forte que les amorces C_3, et sur des amorces dites W, contenant, au contraire, une proportion de fulminate inférieure à celle des amorces courantes. Dans les deux cas, les résultats trouvés, tant au point de vue des retards d'inflammation que des effets balistiques, nous ont paru peu avantageux et il semble résulter de tout cet ensemble d'essais que, pour le tir des poudres J_2, M et T :

1° Il y a lieu de conserver aux amorces la composition actuelle ;

2° L'amorçage à recommander dans les calibres 16 et 20 est

précisément l'amorçage actuel dit C_3, tandis que, dans le calibre 12, il est préférable d'utiliser des amorces plus puissantes, C_4.

Pour terminer cette série de recherches, il a semblé utile de comparer les douilles saumon d'amorçage normal C_3, calibre 12, chargées avec les trois poudres principales J_2, M et T, de fabrication française, aux meilleures douilles anglaises de la maison Eley's. La comparaison a montré l'identité des résultats obtenus, pour l'une quelconque de ces poudres, avec les deux sortes de douilles, soit au point de vue des retards d'inflammation, soit au point de vue des effets balistiques.

Au cours de ces expériences, nous avons été conduit à comparer les retards d'inflammation correspondant à un même mode d'amorçage (douilles C_3 pour poudres pyroxylées), pour les principaux types de poudres de fabrication française. Nous avons pu constater ainsi que, notamment dans le calibre 12, dans lequel les différences sont le plus accusées, ces poudres se rangent, ainsi qu'il suit, dans l'ordre des retards d'inflammation croissants :

	Retards.
	ms
Poudre de chasse noire forte n° 4.....	2,58
Poudre T.....	4,03
Id. J_2.....	4,31
Id. M.....	4,64

Dans le calibre 16, les expériences ont porté en même temps sur les poudres S_2, J_1, S_1, R et sur la poudre de chasse forte n° 2 : les résultats sont analogues à ceux qui viennent d'être rapportés. Il est à remarquer que la poudre J_2, contrairement à une opinion acceptée par certains chasseurs, donne lieu à des retards d'*inflammation* de même ordre que ceux de la poudre T et même légèrement supérieurs.

En résumé, l'appareil décrit au commencement de ce travail a permis d'obtenir, tant sur les poudres de chasse pyroxylées que sur les douilles de divers amorçages, des données qui ne paraissent pas sans intérêt et dont on a pu déduire des conséquences pratiques. A ce point de vue, nous signalerons l'utilité de remplacer, pour le calibre 12, les douilles de fabrication courante

dites C_3, par des douilles munies d'amorces plus fortes (amorçage C_4).

Les nombres qui justifient les conclusions précédentes sont réunis dans une suite de Tableaux joints au présent travail.

MESURE DU RETARD D'INFLAMMATION DE L'AMORCE

JOINT AU TEMPS DE PARCOURS DE LA CHARGE DE PLOMB DANS LE CANON.

Indication sommaire des essais faits.

Calibre 12.

Douilles saumon amorçage C_5	Poudres : chasse forte n° 4. T, J n° 2 et M.
» amorçage C_4	
» amorçage 4 centigr. composition W..	
» amorçage C_4 grands évents	
» amorçage C_3 fourniture courante	
» amorçage $C_{3,5}$ grands évents	
» amorçage 3 centigr. composition DC.	
Douilles anglaises Eley's	

Calibre 16.

Douilles saumon amorçage C_3 fourniture courante	Poudres : chasse forte n° 4, S n° 2.
» amorçage 3 centigr. composition W..	» chasse forte n° 2, S n° 1 T.
Douilles bleues (qualité inférieure)	» J n° 2, J n° 1, M et R.

Calibre 20.

Douilles saumon amorçage C_3 fourniture courante	Poudres : T, J n° 2 et M.
» amorçage $C_{2,5}$	
» amorçage C_2	

Calib

Épreuves de comparaison de douilles saumon amorçages divers, avec les douilles anglai

toutes les épreuves de tir indiquées dans le Tableau ci-dessous, on a employé pour
1 bourre grasse d'environ 10^{mm} d'épaisseur, 1 bourre sèche d'environ 7^{mm} à 8^{mm} d'épaisse
même épaisseur.

DÉSIGNATION de la poudre.	CHARGES de poudre.	CHARGES de plomb ordinaire n° 6.	NOMBRE de coups.	DÉSIGNATION des douilles employées.	TEMPS qui s'écoule entre la percussion et l'inflammation de l'amorce. — Retard d'inflammation de l'amorce.	TEMPS qui s'écoule entre la percussi (rupture du premier courant et la rupture du deuxième courai (fil de bouche — Temps de parcour dans le canon augmenté du retard d'inflammation de l'amorce et de la poudre
	gr	gr			ms	ms
Chasse forte n° 4.	4,80	36	10	Amorçage C_4	0,15	2,35
	»	»	10	Amorçage C_3 fourniture courante.	0,22	2,80
	2,40	36	10	Amorçage C_5	0,13	2,57
	»	»	10	Amorçage C_4	0,15	3,34
	»	»	10	Amorçage 4 centigr. compos. W.	0,23	3,74
	»	»	10	Amorçage C_4 grands évents	0,15	3,83
	»	»	30	Amorçage C_3 fourniture courante.	0,22	4,25
Poudre T	»	»	10	Douilles anglaises Eley's	0,21	4,45
	»	»	10	Amorçage C_3 grands évents	0,21	4,66
	»	»	10	Amorçage 3 centigr. compos. DC.	0,21	53,27
	3,80	36	10	Amorçage C_5	0,13	3,00
	»	»	10	Amorçage C_4	0,15	3,35
	»	»	10	Amorçage 4 centigr. compos. W.	0,23	4,33
Poudre J n° 2.	»	»	10	Douilles anglaises Eley's	0,21	4,48
	»	»	30	Amorçage C_3 fourniture courante.	0,22	4,53
	»	»	10	Amorçage 3 centigr. compos. DC.	0,21	6,79
	2,60	36	10	Amorçage C_5	0,13	3,23
	»	»	10	Amorçage C_4	0,15	3,76
	»	»	10	Amorçage 4 centigr. compos. W.	0,23	4,74
Poudre M	»	»	30	Amorçage C_3 fourniture courante.	0,22	4,86
	»	»	10	Douilles anglaises Eley's	0,21	4,96
	»	»	10	Amorçage 3 centigr. compos. DC.	0,21	17,03

2.

ley's et les douilles saumon fourniture courante de la Société française. — Pour onfection des cartouches le chargement suivant : sur la poudre 1 rondelle goudronnée, ur le plomb, 1 rondelle en carton mince. Les bourres ont été choisies sensiblement de la

TEMPS de parcours ans le canon urmenté du retard nflammation e la poudre.	ÉCART moyen	VITESSES V_{15}.			PRESSIONS.			OBSERVATIONS.
		Moyennes.	Écart moyen.	Écart maximum.	Moyennes.	Écart moyen.	Écart maximum.	
ms		m	m	m	k	k	k	
2.20	0,72	264,4	1,2	2,6	629,0	10,6	26,0	
2.58	0,66	263,0	1,8	4,8	622,0	13,2	33,0	
3.44	0,49	283,1	2,9	5,9	516,5	23,9	87,5	
3.19	0,39	280,0	2,9	5,4	465,4	15,0	45,6	
3.51	0,42	272,2	5,3	9,7	399,3	19,2	43,7	
3.68	0,31	"	"	"	"	"	"	
4.03	0,27	266,1	2,2	4,3	345,7	17,1	40,4	
4.24	0,26	266,8	3,0	10,2	370,1	15,9	37,9	
								Mesure du temps de parcours dans le canon. 1 cartouche non partie, insuffisance d'inflammation.
4.45	0,62	"	"	"	"	"	"	Mesure des vitesses et pressions dans le canon. 3 cartouches non parties, insuffisance d'inflammation.
15.06	4,05	261,7	8,2	18,2	435,8	53,5	138,2	On remarque, dans la poudre retirée des cartouches, quelques grains roussis par la flamme de l'amorce et quantité d'autres grains réduits en menues parcelles incomplètement brûlées.
3.87	0,22	282,2	1,4	3,4	531,8	10,2	20,8	
3.80	0,21	280,1	1,6	4,0	528,6	13,1	22,4	
4.10	0,22	272,7	5,0	12,9	451,8	14,0	26,2	
4.27	0,23	272,4	3,1	5,4	455,2	18,4	29,2	
4.31	0,42	270,0	3,1	5,7	450,5	11,7	27,5	
6.58	1,07	273,5	4,1	8,4	498,3	10,7	20,7	
3.10	0,37	277,6	2,1	4,9	543,0	35,4	101,0	
3.61	0,17	273,1	3,4	8,4	484,7	22,5	58,7	
4.51	0,29	257,7	3,6	9,6	381,6	34,2	104,6	
4.64	0,35	261,9	2,2	5,1	415,5	13,7	31,0	
4.75	0,18	259,8	2,0	3,4	402,0	12,8	24,0	
16.82	2,59	256,7	5,4	9,3	406,8	38,0	91,8	

Calibre 1

Épreuves de comparaison de douilles saumon (fourniture courante) de la Société françai çaises avec les douilles anglaises Eley's Gas-Tight cartridge case for $< EC >$ registere

Chargement des douilles saumon : Sur la poudre, 1 rondelle goudronnée, 1 bourre grass en carton mince. (Hauteur des bourres et rondelles sur la poudre : 18^{mm}. Poids : $2^{gr},39$.)

Chargement des douilles Eley's : Sur la poudre, 1 rondelle goudronnée, 1 bourre sèch Sur le plomb, 1 rondelle en carton mince. (Hauteur des bourres et rondelles sur la poudre

Les bourres ont été choisies sensiblement de la même épaisseur pour chaque série de cartouche Température du couloir de tir : 20°.

DÉSIGNATION de la poudre.	CHARGES DE		NOMBRE de coups.	DÉSIGNATION des douilles employées.	VITESSES V_{15}.		
	poudre.	plomb ordinaire n° 6.			Moyennes	Écart moyen.	Écart maximum
	gr	gr			m	m	m
Poudre T.....	2,40	36	10	Douilles saumon de la Société française.	266,7	2,2	3,6
	2,40	36	10	Douilles anglaises Eley's.	273,4	4,1	10,5
Poudre M.....	2,60	36	10	Douilles saumon de la Société française.	262,2	4,8	10,5
	2,60	36	10	Douilles anglaises Eley's.	268,0	3,2	5,9
Poudre J n° 2..	3,80	36	10	Douilles saumon de la Société française.	273,5	4,2	6,1
	3,80	36	10	Douilles anglaises Eley's.	276,9	4,8	11,0

(**Vitesses et pressions**).

avec chargement des cartouches usité au Laboratoire en employant des munitions fran-
Trade Mark, *avec chargement anglais, en employant des munitions anglaises.*

l'environ 10^{mm} d'épaisseur, 1 bourre sèche d'environ 7^{mm} d'épaisseur. Sur le plomb, 1 rondelle

l'environ 2^{mm} d'épaisseur, 1 bourre grasse d'environ 14^{mm} d'épaisseur, 1 rondelle goudronnée.
0^{mm}. Poids : 2^{gr},47.)

t le sertissage unifié le plus possible pour les deux séries de cartouches. Tir du 10 mai 1900.

PRESSIONS.			OBSERVATIONS.
Moyennes	Écart moyen.	Écart maximum	
kg 357,9	kg 16,9	kg 42,9	
494,4	41,6	114,4	Les douilles Eley's, avec chargement anglais, ont donné 6^{m},7 de vitesse et 136^{kg} de pression de plus que les douilles de la Société française.
538,1	23,7	55,9	
563,3	44,0	106,7	Les douilles Eley's, avec chargement anglais, ont donné 5^{m},8 de vitesse et 125^{kg} de pression de plus que les douilles de la Société française.
539,4	14,2	38,6	
494,6	24,4	60,6	Les douilles Eley's, avec chargement anglais, ont donné 3^{m},4 de vitesse et 55^{kg} de pression de plus que les douilles de la Société française.

Calibre

Épreuves de comparaison de douilles saumon (fourniture courante) de la Société fra amorçage spécial désigné. Amorçage 3 centigr. composition W. — Pour toutes les épreuve le chargement suivant : sur la poudre 1 rondelle goudronnée, 1 bourre grasse d'environ 10[mm] mince. Les bourres ont été choisies sensiblement de la même épaisseur.

DÉSIGNATION de la poudre.	CHARGE de poudre	CHARGE de plomb ordinaire n° 6.	NOMBRE de coups.	DÉSIGNATION des douilles employées.	TEMPS qui s'écoule entre la percussion et l'inflammation de l'amorce. — Retard d'inflammation de l'amorce.	TEMPS qui s'écoule entre la percussi (rupture du premier courant et la rupture du deuxième courant (fil de bouche). — Temps de parcour dans le canon augmenté du retard d'inflammation de l'amorce et d la poudre.
	gr	gr			ms	ms
Chasse forte n° 4	4,20	30	20	Douilles saumon fournit. cour...	0 26	1,96
	»	»	20	Douilles bleues (qualité infér.)..	0,30	2,42
Poudre S n° 2..	2,20	30	60	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	2,31
	»	»	20	Douilles bleues (qualité infér.)..	0,30	12,34
Chasse forte n° 2	4,50	30	40	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	2,67
	»	»	20	Douilles bleues (qualité infér.)..	0,30	3,71
Poudre S n° 1..	2,30	30	20	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	2,81
	2,00	30	50	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	3,15
	»	»	10	Douilles amorç. 3 cent. comp. W.	0,28	4,88
Poudre T.....						
	»	»	20	Douilles bleues (qualité infér.)..	0,30	62,09
	2,80	30	30	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	3,22
Poudre J n° 2..	»	»	10	Douilles amorç. 3 cent. comp. W.	0,28	4,13
	»	»	20	Douilles bleues (qualité infér.)..	0,30	16,80
Poudre J n° 1..	2,90	30	20	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	3,29
	2,00	30	30	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	3,49
Poudre M.....	»	»	10	Douilles amorç. 3 cent. comp W.	0,28	5,02
	»	»	20	Douilles bleues (qualité infér.)..	0,30	22,26
Poudre R.....	2,10	30	20	Douilles saumon fournit. cour...	0,26	3,98
	»	»	20	Douilles bleues (qualité infér.)..	0,30	23,95

16.

caise avec des douilles bleues (qualité inférieure) de la même Société et avec des douilles à de tir indiquées dans le Tableau ci-dessous on a employé, pour le chargement des cartouches, d'épaisseur, 1 bourre sèche d'environ 7^{mm} à 8^{mm} d'épaisseur. Sur le plomb 1 rondelle en carton

TEMPS de parcours dans le canon augmenté du retard d'inflammation de la poudre.	ÉCART moyen.	VITESSES V_{15}. Moyennes	Écart moyen.	Écart maximum.	PRESSIONS. Moyennes	Écart moyen.	Écart maximum.	OBSERVATIONS.
ms		m	m	m	kg	kg	kg	
1,70	0,43	266,1	1,2	3,5	512,0	23,0	43,0	
2,12	0,75	261,8	1,8	3,1	463,8	19,0	47,2	
2,05	0,30	245,9	2,4	5,6	395,4	25,1	52,4	
12,04	2,17	229,7	4,6	11,5	322,4	24,8	53,4	Les longs feux ne sont pas perceptibles à l'ouïe.
2,41	0,27	262,4	1,4	3,7	442,2	13,4	35,8	
3,41	0,43	255,3	2,2	7,6	394,8	19,2	48,2	
2,55	0,23	//	//	//	//	//	//	
2,89	0,28	270,7	2,8	8,2	430,0	14,5	52,0	
4,60	1,47	260,1	6,7	11,5	384,3	52,4	160,3	Les longs feux sont perceptibles à l'ouïe; 2 coups sont particulièrement remarquables en ce sens : il s'est écoulé un temps appréciable entre la percussion et la détonation.
61.79	28,1	247,1	11,6	39,6	293,6	37,5	77,4	Dans une première épreuve à la charge de $1^{gr},90$ de poudre, 5 amorces sur 10 n'ont pas enflammé suffisamment la poudre pour chasser la charge de plomb. On remarque seulement dans la poudre retirée des cartouches quelques grains roussis par la flamme de l'amorce.
2,96	0,25	260,4	1,8	3,9	436,4	15,9	31,0	
3,85	0,23	251,1	5,9	8,5	396,1	25,9	55,9	
16.50	2,72	249,8	6,9	15,2	394,7	21,8	42,7	Les longs feux ne sont pas perceptibles à l'ouïe.
3,03	0,15	//	//	//	//	//	//	
3,23	0,24	252,4	3,3	6,8	419,0	22,3	54,9	
4,74	0,56	243,4	6,3	13,9	357,4	50,0	85,6	
21.96	3,12	225,1	6,7	16,8	250,6	16,1	36,4	Les longs feux ne sont pas perceptibles à l'ouïe.
3,72	0,24	245,2	3,0	7,1	393,6	16,1	31,6	
23,65	2,50	200,2	7,4	20,9	233,6	11,5	25,4	Quelques longs feux perceptibles à l'ouïe.

Calibre

Épreuves avec des douilles saumon de la Société française (fourniture courante) en

Chargement A. Sur la poudre, 1 rondelle goudronnée, 1 bourre grasse d'environ 10^{mm} d'épaisseur 1 rondelle en carton mince.

» B. Sur la poudre, 1 rondelle goudronnée, 2 bourres grasses d'environ 10^{mm} d'épaisseu

» C. Sur la poudre, 1 rondelle goudronnée, 2 bourres sèches d'environ 7^{mm} à 8^{mm}

DÉSIGNATION de la poudre.	CHARGES DE		NOMBRE de coups.	DÉSIGNATION du chargement.	TEMPS qui s'écoule entre la percussion et l'inflammation de l'amorce. — Retard d'inflammation de l'amorce.	TEMPS qui s'écoule entre la percussion (rupture du 1er courant) et la rupture du 2e courant (fil de bouche). — Temps de parcours dans le canon augmenté du retard d'inflammation de l'amorce et de la poudre.
	poudre.	plomb ordinaire n° 6.				
	gr	gr			ms	ms
	2,00	30	20	Chargement A.	0,26	3,07
Poudre T.....	2,00	30	20	Chargement B.	0,26	3,16
	2,00	30	20	Chargement C.	0,26	3,68

16.

employant différents chargements de cartouches désignés par les lettres A, B *et* C.

1 bourre sèche d'environ 7^{mm} à 8^{mm} d'épaisseur. Sur le plomb,
chacune. Sur le plomb, 1 rondelle en carton mince.
d'épaisseur chacune. Sur le plomb, 1 rondelle en carton mince.

} Les bourres ont été choisies sensiblement de la même épaisseur.

TEMPS de parcours dans le canon, augmenté du retard d'inflammation de la poudre.	ÉCART moyen.	VITESSES V_{15}. Moyennes	Écart moyen.	Écart maximum.	OBSERVATIONS.
ms 2,81	0,39	m 268,0	m 3,6	m 10,3	
2,90	0,27	264,8	1,6	4,2	
3,42	0,67	256,3	6,1	13,2	

Calibr

Épreuves de comparaison de douilles saumon, amorçages divers, avec les douilles saumon tir indiquées dans le Tableau ci-dessous, on a employé pour la confection des cartouches l d'épaisseur, 1 bourre sèche d'environ 7^{mm} à 8^{mm} d'épaisseur; sur le plomb, 1 rondelle en carto

DÉSIGNATION de la poudre.	CHARGES de poudre.	CHARGES de plomb ordinaire n° 6.	NOMBRE de coups.	DÉSIGNATION des douilles employées.	TEMPS qui s'écoule entre la percussion et l'inflammation de l'amorce. — Retard d'inflammation de l'amorce.	TEMPS qui s'écoule entre la percussion (rupture du premier courant et la rupture du deuxième courant (fil de bouche). — Temps de parcours dans le canon augmenté du retard de l'inflammation de l'amorce et de la poudre.
	gr	gr			ms	ms
	1,60	26	20	Douilles fourniture courante....	0,24	2,26
Poudre T.....	»	»	10	Douilles amorçage $C_{2,5}$.....	0,25	3,80
	»	»	10	Douilles amorçage C_2.....	0,25	6,13
	2,40	26	20	Douilles fourniture courante....	0,24	2,64
Poudre J n° 2..	»	»	10	Douilles amorçage $C_{2,5}$.....	0,25	3,46
	»	»	10	Douilles amorçage C_2.....	0,25	5,37
	1,80	26	20	Douilles fourniture courante....	0,24	2,71
Poudre M.....	»	»	10	Douilles amorçage $C_{2,5}$.....	0,25	2,83
	»	»	10	Douilles amorçage C_2.....	0,25	5,64

12.

Fourniture courante de la Société française des Munitions. — Pour toutes les épreuves de chargement suivant : sur la poudre, 1 rondelle goudronnée, 1 bourre grasse d'environ 10^{mm} mince. Les bourres ont été choisies sensiblement de la même épaisseur.

TEMPS de parcours dans le canon augmenté du retard d'inflammation de la poudre.	ÉCART moyen.	NOMBRE de coups.	VITESSES V_{15}.			PRESSIONS.			OBSERVATIONS.
			Moyennes	Écart moyen.	Écart maximum.	Moyennes	Écart moyen.	Écart maximum.	
ms			m	m	m	kg	kg	kg	
2,02	0,21	20	272,1	1,8	4,7	458,5	15,1	32,6	
3,55	0,63	10	265,2	4,5	9,1	411,9	11,5	31,1	
5,88	2,73	10	254,9	7,1	13,0	347,2	35,0	121,8	Deux longs feux perceptibles à l'ouïe.
2,40	0,24	20	262,1	2,0	3,6	478,5	12,8	28,7	
3,21	0,20	10	258,4	2,2	3,9	474,5	22,9	40,5	
5,02	1,16	10	257,5	3,0	12,4	445,3	21,7	48,7	
2,47	0,22	20	268,9	1,6	4,6	511,7	23,4	44,1	
2,59	0,19	10	267,5	1,9	4,9	526,8	17,8	40,8	
5,39	1,10	10	265,5	3,8	19,1	544,9	21,9	59,1	

Comparaison des résultats

en employant pour chaque calibre des charge

1° *de même amorçage;* 2° *à amorçage plus fort pour l*

DÉSIGNATION de la poudre.	DÉSIGNATION des douilles employées.	Calibre 12. CHARGES. Poudre.	Plomb.	TEMPS de parcours dans le canon augmenté du retard d'inflammation de la poudre.	ÉCART moyen.	V_{15} moyenne.	P moyenne
		gr	gr	ms		m	kg
Poudre T.....	Amorçage C_4.....	2,40	36	3,19	0,39	280	465
	Amorçage C_3 fourn. courante.	2,40	36	4,03	0,27	266	346
	Amorçage $C_{2,5}$.....	"	"	"	"	"	"
Poudre J n° 2..	Amorçage C_4.....	3,80	36	3,20	0,21	280	529
	Amorçage C_3 fourn. courante.	3,80	36	4,31	0,32	270	450
	Amorçage $C_{2,5}$.....	"	"	"	"	"	"
Poudre M.....	Amorçage C_4.....	2,60	36	3,61	0,17	273	485
	Amorçage C_3 fourn. courante.	2,60	36	4,64	0,35	262	415
	Amorçage $C_{2,5}$.....	"	"	"	"	"	"

obtenus dans les 3 calibres,

normales de poudre et de plomb et des douilles :
calibre **12** *et à amorçage plus faible pour le calibre* **20**.

Calibre 16.						Calibre 20.					
CHARGES.		TEMPS de parcours dans le canon augmenté du retard d'inflammation de la poudre.	ÉCART moyen.	V_{15} moy.	P moy.	CHARGES.		TEMPS de parcours dans le canon augmenté du retard d'inflammation de la poudre.	ÉCART moyen.	V_{15} moy.	P moy.
Poudre.	Plomb.					Poudre.	Plomb.				
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
gr 2,00	30 gr	ms 2,89	0,28	271 m	430 kg	gr 1,60	26 gr	ms 2,02	0,21	272 m	458 kg
"	"	"	"	"	"	1,60	26	3,55	0,63	265	412
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
2,80	30	2,96	0,25	260	436	2,40	26	2,40	0,24	263	478
"	"	"	"	"	"	2,40	26	3,21	0,20	258	474
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
2,00	30	3,23	0,24	252	419	1,80	26	2,47	0,22	269	512
"	"	"	"	"	"	1,80	26	2,59	0,19	267	526

COMMISSION MILITAIRE DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900 (1).

RAPPORT
SUR LES POUDRES ET EXPLOSIFS.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREILS ET MATÉRIAUX POUR LA FABRICATION DES POUDRES ET EXPLOSIFS.

Essoreuses à force centrifuge. — L'Exposition comprenait un assez grand nombre de turbines essoreuses généralement destinées au traitement du sucre : les turbines *Mollet-Fontaine et Cie*, *Mariolle-Pinguet* et celles de la *Société française de constructions mécaniques* (*anciens Établissements Cail*). Elles présentent à peu près les mêmes dispositions : le panier a 1^m, 25 de diamètre et porte au fond deux trappes de vidange que l'on fait correspondre, pour le déchargement, avec deux larges conduits ouverts dans le fond de la cuve; la vidange se fait ainsi très rapidement dans des wagonnets. La cuve est fermée par un couvercle en tôle dont deux secteurs, d'un quart de cercle chacun, s'ouvrent au moyen de coulisses pour le chargement et pour l'ouverture des trappes de déchargement; la cuve est en outre percée latéralement d'un ou plusieurs orifices donnant accès à de la vapeur.

La commande se fait généralement par le dessous, d'autant plus que le conduit de déchargement exige l'exhaussement de la cuve; cependant, dans un type de la maison Mariolle-Pinguet, la com-

(1) Cette Commission est présidée par M. le général de division DELOYE, président du Comité technique de l'artillerie.

Sous-Commission des Poudres et Salpêtres : MM. HAGRON, ingénieur en chef, BARRAL, ingénieur.

mande est faite par le dessus au moyen d'un moteur à quatre cylindres agissant directement sur l'arbre vertical. La commande par le dessous se fait, soit par courroie avec poulie folle et fixe, soit par courroie et embrayage à friction, soit électriquement par dynamo calée directement sur l'arbre vertical. Cette application de l'électricité paraît particulièrement heureuse en raison de la vitesse à atteindre et des facilités qu'offre l'emploi des moteurs électriques pour la mise en train. La maison Mollet-Fontaine et la Société française de constructions mécaniques ont exposé une turbine avec une commande de ce genre.

Les turbines de $1^{m},25$ de panier permettent d'obtenir 100^{kg} à 120^{kg} de sucre blanc en quatre minutes : on arrive à faire huit à douze opérations à l'heure.

M. *Hignette* a proposé une autre essoreuse de $1^{m},20$ de diamètre de panier à commande électrique supérieure : elle est destinée au filtrage du jus des cannes à sucre.

Des essoreuses de modèles analogues figurent dans l'exposition de la maison *Buffaut et Robatel* et de la maison *Fernand Dehaître;* mais on n'y voit pas d'essoreuses à commande électrique inférieure, disposition qui, dans beaucoup de cas, semble être la plus avantageuse.

D'après les renseignements qui nous ont été donnés par les constructeurs, les turbines les plus grandes qui se fassent couramment ont un panier de $1^{m},20$ environ de diamètre; on en a cependant construit qui avaient jusqu'à 2^{m} de panier.

Les grandes vitesses à la circonférence s'obtiennent aussi bien avec de faibles qu'avec de forts diamètres : ainsi, on arrive à faire marcher à 1100 tours une turbine à panier de $1^{m},65$, mais on réalise aussi la vitesse de 5000^{m} à la circonférence avec un panier de $0^{m},60$ de diamètre tournant à 2660 tours.

Les vitesses ainsi obtenues sont supérieures de 60 à 80 pour 100 à celles que donnent les essoreuses en service dans les poudreries; elles exigent des paniers renforcés.

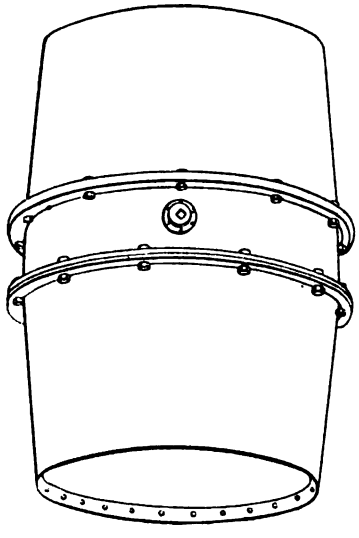
Parmi les progrès de détail qui ont été faits dans la construction des essoreuses, il faut citer les mesures prises pour assurer le graissage et l'emploi des pivots sur billes.

Pour résister aux acides, on se sert de cuves et de paniers plombés, quelquefois de garnissages en caoutchouc durci.

Laminoirs. — Nous signalerons un laminoir pour celluloïd, à cylindres creux de grand diamètre, pouvant être chauffés. Cet appareil ne paraît pas apte au laminage de faibles épaisseurs, en raison de l'insuffisance des organes de réglage qu'il serait d'ailleurs aisé d'améliorer.

Fûts démontables (*fig.* 1). — Sous le nom de *fûts Berto*

Fig. 1.



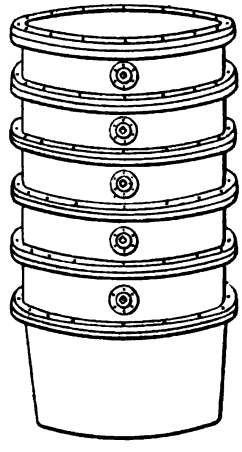
sont exposés des fûts-transport démontables, en tôle d'acier.

Ils peuvent se séparer aisément en deux parties égales que l'on réunit ensuite rapidement, offrant ainsi beaucoup de facilités pour la surveillance et l'entretien de la partie intérieure. Une fois vides et démontés, on les emboîte les uns dans les autres (*fig.* 2). On réalise ainsi une grande économie dans les frais de transport, qui sont réglés dès lors d'après le poids des colis, et non d'après leur volume.

A côté de ces fûts se trouvent d'autres fûts démontables de la maison *Montupet*. Construits également en tôle d'acier, ils se composent de deux parties tronconiques réunies à une partie cylindrique par des boulons; les cornières qui relient les trois parties servent aussi de cercles de roulement; le joint est formé par un anneau de caoutchouc. Ces fûts peuvent être remontés en

un quart d'heure. Ils présentent à peu près les mêmes avantages que les fûts Berto. Quoique démontables, ils sont légers, le fût

Fig. 2.



de 600[l], par exemple, ne pesant que 120[kg].

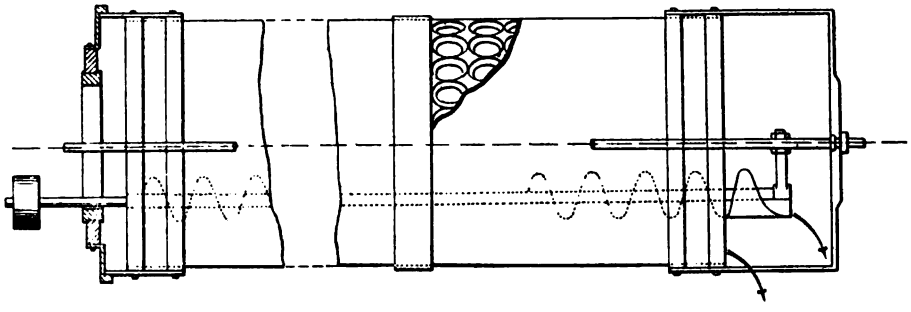
Appareils à laver les fûts. — M. *Ballet* expose un appareil qui est heureusement disposé pour le lavage des fûts. Le fût est placé, la bonde en dessous, sur un croisillon qui le maintient horizontal, et qui pivote très aisément; une douille percée d'une fente mince sur le côté et sur le dessus est engagée par le trou de bonde à l'intérieur du fût. Il suffit alors de faire tourner le fût de la main gauche pendant que de la main droite on manœuvre un levier; suivant la position de ce levier, on injecte à volonté, sur la paroi intérieure du fût, de l'eau froide, de l'eau chaude ou de la vapeur; l'opération est extrêmement rapide.

Trieur à alvéoles Marot. — Au milieu des machines agricoles, nous avons trouvé un *trieur pour poudres de guerre* (*fig.* 3) qui sert au tamisage des poudres à fusil sans fumée.

L'originalité de ce trieur consiste dans l'emploi de feuilles de zinc alvéolées. Les alvéoles sont pratiqués dans des plaques de zinc avec une fraise qui leur donne le profil ci-dessous (*fig.* 4); leur dimension est choisie d'après celle des grains de poudre, et leur forme est telle que les bons grains seuls se logent dans les alvéoles, à la partie inférieure du cylindre tournant, et s'en déta-

chent facilement lorsque, entraînés par la rotation, ils ont dé-

Fig. 3.



passé l'axe de l'appareil. Ils sont alors recueillis par un plan

Fig. 4.

incliné qui les déverse dans un chenal où une vis sans fin les pousse vers la sortie.

La poudre, avant de s'engager dans le cylindre à alvéoles, reçoit mécaniquement sur des tamis perforés un premier surégalisage et un sous-égalisage qui la débarrassent d'une partie des grains défectueux.

Cet appareil, très employé dans les poudreries russes, est également en usage dans les poudreries françaises, où il a reçu plusieurs perfectionnements.

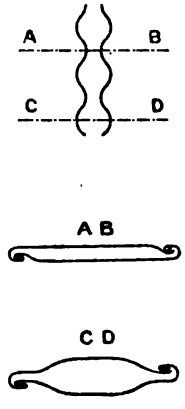
Pignons en cuir vert.— M. *Bonnaffous* expose des pignons en cuir vert qui paraissent d'un emploi très avantageux aux grandes vitesses. On réalise, avec ces pignons et des engrenages taillés, des transmissions silencieuses et résistantes qui ne demandent pas un graissage très soigné.

On fait aussi en cuir vert des galets et des cônes de friction.

Tuyaux à ailettes et radiateurs. — Le chauffage à la vapeur s'étant beaucoup répandu, on trouve chez un grand nombre d'exposants des tuyaux à ailettes et des poêles à ailettes ou radiateurs de formes très variées. Les tuyaux à ailettes n'ont pas reçu, dans ces dernières années, de modifications importantes; presque tous sont entièrement construits en fonte; quelques-uns cependant

ont des ailettes en tôle moins sensibles aux chocs. Nous citerons seulement comme surface rayonnante les radiateurs en tôle de la maison *Frédéric Fouché*. Ils sont formés de deux feuilles de tôle d'acier de 1^{mm} d'épaisseur embouties (*fig.* 5) et agrafées ensemble avec introduction d'un fil d'amiante dans le joint. Ces radiateurs sont donnés comme pouvant résister à 1^{kg} de pression;

Fig. 5.



ils sont évidemment avantageux comme poids et comme conductibilité.

Purgeurs automatiques. — A côté du purgeur *Heintz,* en usage dans beaucoup de poudreries, on trouve le purgeur de la maison *Grouvelle et Arquembourg,* où l'organe qui manœuvre la soupape, au lieu d'être un tube de Bourdon ou spiral, est un tuyau droit à surface plissée rempli de pétrole lourd; la soupape plate résiste bien à la corrosion. Le réglage de l'appareil se fait sans qu'il soit nécessaire de le démonter, quoique le démontage soit lui-même facile. Ce purgeur paraît susceptible d'un bon emploi.

Détendeurs. — On trouve encore avec le détendeur *Heintz,* dans lequel le moteur est toujours un tube de Bourdon, le détendeur de la maison *Grouvelle et Arquembourg,* où un tuyau plissé agit sur une soupape équilibrée : c'est le même principe que celui du purgeur.

Régulateurs automatiques de température. — La régulation automatique des températures dans les pièces habitées, dans les étuves, dans les bains liquides, a été l'objet d'études sérieuses de la part de plusieurs constructeurs. C'est ainsi que la maison *Gustave Dorian* expose une série de régulateurs applicables au chauffage par la vapeur, par l'eau, par l'air ou par le gaz.

Le principe de tous ces appareils est le même, et nous ne considérerons que le régulateur pour chauffage par la vapeur.

Comme dans une série de purgeurs, de détendeurs, on utilisel dilatation d'un corps soumis à des variations de température; et si, dans les purgeurs, on a renoncé à utiliser simplement la dilatation des métaux, qui n'est pas suffisante, pour recourir à celle de liquides enfermés dans des enveloppes élastiques ou membranes (tube de Bourdon, tuyaux plissés), *à fortiori* pour la régulation où l'effort à exercer sur la valve de vapeur doit être considérable alors que les variations de température sont insignifiantes, il ne fallait pas songer à l'emploi du métal. M. Dorian a même pensé que les membranes ordinaires étaient insuffisantes et en a imaginé une nouvelle, qui est la partie essentielle de ses régulateurs. Elle se compose d'un tube en caoutchouc logé dans un ressort à spirales rapprochées constituant une sorte de frettage : ces deux éléments sont réunis sur des raccords par leurs extrémités seulement. Le tube en caoutchouc joue le rôle de réservoir étanche; son élasticité dans le sens de la longueur est libre.

Cet ensemble donne, sans déformation permanente, un allongement de 20 pour 100 de sa longueur sous une pression intérieure de 12^{kg} par centimètre carré.

La membrane de 1^{cm^2} de section seulement et de 300^{mm} de longueur, qui constitue le moteur ordinaire du régulateur Dorian, est donc capable d'un effort de 12^{kg} et d'une course de 60^{mm}. C'est cette membrane qui agit sur l'organe d'admission de la vapeur.

Comme sa capacité est relativement considérable, il faut que le réservoir ou ampoule, qui est soumis aux variations de température du milieu à régler et qui renferme le liquide pressant sur celui de la membrane, ait lui-même une capacité assez considérable : c'est un long serpentin formé de tuyaux en cuivre de 5^{mm}.

Le moteur et l'ampoule sont reliés par un tube filiforme.

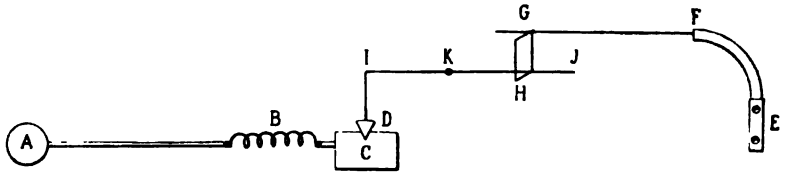
On arrive ainsi à régler à 1 degré près des températures de 35° à 75°, la vapeur étant fournie par un générateur donnant une pression variant de 1^{kg} à 3^{kg} en service courant.

La maison *Grouvelle et Arquembourg* construit des régulateurs de température destinés au chauffage par la vapeur en utilisant son système de membranes à tuyaux plissés; elle arrive ainsi à maintenir une température donnée, à 3 ou 4 degrés près. Mais elle considère comme impossible d'obtenir un régulateur suffisamment sensible en se servant comme moteur de la dilatation d'un corps soumis aux variations de température, en raison du trop grand volume et, par suite, de la trop grande capacité calorifique qu'il faut donner à l'ampoule : elle a donc étudié un régulateur où la force nécessaire au mouvement de la valve de vapeur est empruntée à un auxiliaire, autrement dit un régulateur à action indirecte.

Dans un premier type, elle a employé, comme intermédiaire, le gaz d'éclairage; la dilatation du liquide renfermé dans l'ampoule ouvre un robinet de gaz dont la flamme vient échauffer un long tube en métal à coefficient de dilatation élevé dont l'allongement est employé à agir sur la valve de vapeur. Mais l'emploi du gaz présente des inconvénients pratiques, et les résultats obtenus ont été médiocres; on a donc eu recours à un autre intermédiaire, qui est l'air comprimé.

Imaginons un réservoir d'air comprimé A (*fig.* 6), à une pres-

Fig. 6.

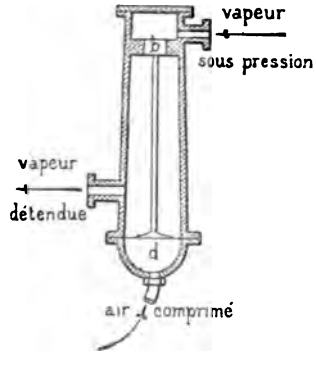


sion de 1^{kg} au moins, qui est mis en communication avec une boîte C par un tuyau terminé par une résistance B formée par un tube de $0^{mm},5$ de section seulement; si la boîte C est fermée, l'équilibre de pression s'établira entre A et C, mais il suffit qu'elle ait une ouverture de petit diamètre pour que la pression s'y abaisse et devienne à peu près nulle. L'ouverture ménagée dans C est susceptible d'être fermée par une soupape légère D, qui est ma-

nœuvrée par un levier IJ tournant autour de K; le bras KJ de ce levier est relié par un étrier GH à une tige GF fixée à l'extrémité d'un tube de Bourdon EF, rempli d'alcool et mobile autour du point F. Ce tube est plongé dans le milieu aérien dont on veut régler la température. Cette température s'élève-t-elle, l'extrémité G du bras FG monte, et la soupape D ferme la boîte C, où la pression augmente.

La boîte C communique avec un détendeur (*fig.* 7) muni d'un

Fig. 7.



diaphragme d dont le mouvement agit sur une soupape équilibrée b qui règle l'admission de vapeur; d'un côté du diaphragme agit l'air comprimé en communication avec le réservoir C, de l'autre, la vapeur détendue; l'air et la vapeur employée au chauffage se font ainsi constamment équilibre.

Pour augmenter la sensibilité de l'appareil, on déplace à volonté l'étrier GH, et l'on charge la soupape D avec des anneaux métalliques.

En fait, cet appareil, très peu volumineux, constitue un véritable organe d'asservissement; sa sensibilité est telle qu'en chauffant le tube de Bourdon avec l'haleine, on voit un manomètre indiquant la pression de la boîte C atteindre presque subitement la pression du réservoir A.

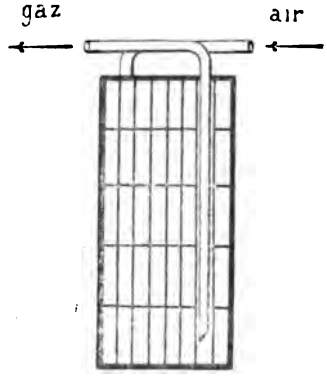
Si, au lieu de régler la température de l'air, on veut régler celle d'un liquide, il suffit de relier le tube EF par un tube filiforme à une ampoule de très faible capacité plongée dans le liquide.

Fourneaux à pétrole. — On signalera les fourneaux à pétrole

Primus sans mèche, de la maison *Fernand Lamotte,* qui peuvent être utilisés dans les laboratoires, et qui remplaceraient peut-être avantageusement les lampes à alcool en usage dans certaines poudreries.

Fontaines à gaz. — Dans le même ordre d'idées, il faut citer les *fontaines à gaz* (*fig.* 8), sorte de carburateurs d'air formés d'un réservoir métallique rempli d'une matière poreuse qu'on imprègne d'essence de pétrole, et muni de deux tuyaux, l'un

Fig. 8.



pour l'aspiration de l'air et l'autre pour la sortie de l'air carburé; il suffit d'accrocher ce carburateur au plafond d'une pièce et de brancher sur le tuyau de sortie une canalisation de gaz pour alimenter des becs d'éclairage : ce système paraît être applicable à un laboratoire.

Poteries pour acides. — Dans la Section française, on ne trouve qu'une seule maison exposant des poteries pour acides : c'est la maison Jacob et C^ie^ (*Compagnie céramique de Pouilly-sur-Saône et Belvoye*), qui a fait figurer : un petit serpentin à section circulaire, un grand serpentin libre à section ondulée, des tours de condensation, un serpentin en grès libre à section ondulée, diamètre 10^cm^, longueur 3o^m^. Cette maison s'applique depuis plusieurs années à la production des grès pour l'industrie chimique; elle fabrique couramment les serpentins à section circulaire ou ondulée, ces derniers offrant plus de surface au

refroidissement. Tous ces serpentins sont libres, c'est-à-dire non soudés à leur support, ce qui permet leur dilatation et évite des ruptures. L'album de la Compagnie céramique indique des batteries complètes de condensation pour l'acide nitrique, l'acide chlorhydrique, des tours avec matériaux de remplissage, etc.

A la Section belge, la maison *Crame-Delpire,* à Bouffioulx, et la *Société anonyme des terres et produits réfractaires,* à Andenne, ont exposé divers grès vitrifiés pour l'industrie chimique.

Mais c'est à l'exposition collective de l'industrie chimique de l'Allemagne qu'on trouve les appareils de ce genre les plus remarquables : la production des grès pour l'industrie chimique est extrêmement développée dans ce pays, et l'on y fabrique en grès des récipients d'énorme capacité et même des machines complètes comme des pompes centrifuges, des ventilateurs, etc.

La *Deutsche Steinzeugwaarenfabrik für Canalisation und chemische Industrie,* à Friedrichsfeld (Baden), expose un vase en grès de 6000^{lit} (elle en fabrique qui contiennent 10000^{lit}), trois serpentins et une colonne de condensation remplie de boules en grès perforées (brevet Guttmann) qui constitueraient un remplissage tout à fait supérieur; une pompe verticale, également en grès, mue électriquement, remonte en haut de la colonne les eaux acides pour qu'elles s'enrichissent.

Les serpentins sont à section ondulée, mais attachés à leurs supports; malgré cela, ils sont donnés comme capables de supporter des températures élevées, grâce peut-être à la minceur de leurs parois qui, surtout, augmente leur rendement.

La *Thonwaarenwerk Bettenhausen,* à Cassel, expose un plus grand nombre d'appareils, parmi lesquels nous citerons :

Une pompe horizontale à double action, montant 2^{lit},5 par coup de piston, soit 9000^{lit} à l'heure, à raison de 30 tours par minute;

Une tour de condensation avec dispositifs spéciaux réglant la circulation des liquides et des gaz, ou simplement remplie de matériaux légers à grande surface, cylindriques ou coniques, de modèles appartenant à la maison;

Un serpentin en grès libre de 30^{m} de longueur, 90^{mm} de diamètre;

Des bonbonnes pour distillation dans le vide;

Des robinets et des valves à membrane du système Bergmann, qui permet d'ouvrir ou fermer plusieurs robinets peu abordables d'un même poste; leur fonctionnement est obtenu par l'action d'une pression d'air ou d'eau sur la membrane obturatrice;

Un mélangeur, etc.

Cette maison fabrique aussi des chaudières et récipients dont la contenance peut atteindre 10000^{lit}, en grès dit *armé,* mais plus exactement *fretté.*

Porcelaine pour usages chimiques. — En France, on trouve comme porcelaine allant au feu et servant aux usages chimiques la porcelaine de Bayeux.

A côté de cette porcelaine, on voit la porcelaine dite *aluminite* de René Frugier, à Limoges, qui donnerait d'excellents résultats.

Mais nous avons surtout remarqué l'exposition de porcelaine dure de la *Königliche Porzellan Manufactur* de Berlin à l'exposition collective de l'industrie chimique de l'Allemagne, où l'on voit des objets de formes très compliquées, fourchettes, robinets, plateaux perforés, tuyaux, serpentins, et même un appareil entier pour la fabrication de la nitroglycérine.

Piles à papier. — Signalons d'abord que toutes les piles à papier exposées sont munies de deux tambours à couteaux au lieu d'un seul; ces deux tambours ne sont pas en face l'un de l'autre, ce qui force à allonger la cuve, mais le rendement, à surface et à dépense d'installation égales, se trouve certainement augmenté.

Agglomérés de liège. — Les agglomérés de liège, depuis longtemps employés dans les poudreries, sont utilisés dans un grand nombre d'industries; leur fabrication est devenue assez importante pour que sept maisons aient exposé leurs produits.

La plus ancienne, la *Société des lièges agglomérés,* prépare des agglomérés noirs, mélanges de liège et de brai, plus hydrofuges et plus solides que les agglomérés blancs ordinaires. Nous citerons aussi la *Subérine* et la *Société des lièges français,* qui exposent des briques, des tuyaux, et des carreaux dont l'épaisseur descend jusqu'à $0^{m},03$.

Produits asphaltiques. — Les principaux exposants producteurs d'asphalte sont :

La *Compagnie générale des asphaltes de France*, qui a la concession de Seyssel;

La *Société civile des mines de bitume et asphaltes du Centre;*

La *Société de pavage et des asphaltes de Paris,* propriétaire des mines du Val-de-Travers.

Notre attention a été appelée sur les carreaux d'asphalte comprimé, de même composition que le revêtement des chaussées en asphalte comprimé : ils sont formés d'asphalte pur sans addition de bitume. D'après la Compagnie générale, ils sont obtenus par compression à 500^{kg} ou 600^{kg} par centimètre carré de la poudre d'asphalte chaude. Ils se fabriquent à partir de 15^{mm} d'épaisseur et se posent comme un dallage céramique avec des joints aussi faibles que possible sur du béton recouvert d'une couche unie de mortier de ciment encore fluide. Les joints sont ensuite remplis avec un lait de ciment.

Ce dallage pourrait être substitué, dans les poudreries du Midi, à l'asphalte coulé dont on craint le ramollissement par la chaleur. Il faudrait toutefois substituer au lait de ciment, employé pour boucher les joints, un mastic sans danger, peut-être de l'asphalte coulé.

Produits d'amiante. — Il y a vingt ans, l'Italie était à peu près le seul pays producteur d'amiante. Depuis que l'amiante a été découvert, en 1878, dans la province de Québec, la presque totalité de cette substance vient du Canada.

Dans le pavillon canadien étaient exposés des échantillons remarquables, à longues fibres blanches et soyeuses. L'amiante sert à beaucoup d'usages, notamment pour les garnitures des tiges de piston dans les machines à haute pression, comme isolant dans les canalisations de vapeur, comme filtre pour les acides; on en fait aussi des vêtements qui pourraient être utiles aux ouvriers des poudreries, principalement à ceux qui manipulent les acides.

Tuiles hydropyrofuges. — La maison *Coutellier,* qui exploite

les brevets Hamelle et Chedville, prépare, au moyen d'un mélange d'amiante et d'oxydes métalliques, des tuiles qui, incombustibles, imperméables, réfléchissant les rayons solaires, légères et inattaquables aux vapeurs acides, trouveraient sans doute un emploi avantageux dans la toiture des usines à poudre.

Elle a construit aussi une cabane entière avec ce même carton d'amiante.

Vêtements incombustibles. — Dans la Section suisse, MM. *Bavier* et *Steffan* exposent un costume complet incombustible à base d'amiante.

Dalles en verre. — Le verre devient un élément de plus en plus important dans la construction; on l'emploie beaucoup comme dallage, même sur des surfaces considérables, comme on le voit à la gare des Invalides. L'emploi des dalles en verre est si bien entré dans la pratique que la Compagnie de Saint-Gobain a construit une Table avec laquelle on peut se rendre compte rapidement de l'épaisseur nécessaire aux feuilles de verre pour un écartement donné des fers à vitrage, ou, inversement, déterminer la largeur maxima à donner aux feuilles quand on connaît leur épaisseur. Cette Table est basée sur le dixième environ de la charge de rupture.

Les dalles sont lisses ou à relief.

On en trouve non seulement à l'exposition de la *Compagnie de Saint-Gobain,* mais aussi à celles de la *Compagnie des glaces et verres spéciaux du Nord* et de la *Manufacture de glaces de Maubeuge.*

L'emploi des dalles en verre est fort avantageux dans bien des cas, en raison du fort éclairement qu'on obtient lorsqu'on reçoit la lumière verticalement. Il est indiqué pour améliorer l'éclairage des caves, comme celles des machines à vapeur.

Tuiles en verre. — Le même avantage se rencontre dans les tuiles en verre exposées par la *Compagnie de Saint-Gobain* et par la *Compagnie des glaces et verres spéciaux du Nord.* Ces tuiles sont moulées suivant la forme des différents modèles de tuiles mécaniques les plus répandues et peuvent ainsi s'intercaler aisément dans les toitures.

Verre armé. — Une autre application du verre dans les bâtiments consiste dans l'emploi du verre armé. Le verre armé exposé par la *Compagnie de Saint-Gobain* est obtenu par le procédé Léon Appert, consistant à couler simultanément les deux couches de verre, le réseau métallique venant se placer au fur et à mesure entre elles. Pour éviter les ruptures, il faut que le réseau soit constitué avec un métal approprié et ait une forme convenable. Il n'augmente pas d'ailleurs la solidité du verre, mais il retient les fragments en cas de rupture par choc ou par le feu. La *Compagnie des glaces et verres spéciaux du Nord*, à Jeumont, fabrique également le verre armé.

Il en est de même de l'*Actien Gesellschaft für Glasindustrie*, qui expose dans la Section autrichienne. Parmi les produits exposés, nous citerons les verres de sûreté pour niveau d'eau de chaudières, dont la transparence permet de voir le niveau avec la même facilité que les glaces ordinairement employées et qui, en cas de rupture, mettent le chauffeur à l'abri de tout danger de brûlures.

Comme verre à vitres, le verre armé devrait être employé dans tous les cas où l'on est obligé de protéger les fenêtres par un grillage métallique; on obtiendrait les mêmes garanties de sécurité avec une propreté et une durée beaucoup plus grandes.

Les *tuyaux en fonte garnis intérieurement de verre,* de la maison *Testet,* sont évasés à un bout pour permettre le joint avec emboîtement. La partie évasée est garnie de verre aussi bien que l'intérieur du tuyau.

Opaline. — L'opaline exposée par la *Compagnie de Saint-Gobain* n'a pas la composition des verres ordinaires : c'est un verre très dur, inaltérable à l'air, inattaquable par les acides, de teinte blanc azuré; il peut se mouler, se décorer. Il sert à garnir les salles de bain, les cabinets de toilette, à faire des tableaux de distribution électrique. Il paraît pouvoir recevoir des applications spéciales dans les fabriques où sont manipulés les acides.

Pierre de verre Garchey. — La pierre de verre Garchey, exposée par la *Société parisienne d'exploitation des produits céramiques Garchey*, est un dérivé du verre; ce sont des pierres ou, plus exactement, des dalles constituant une sorte de granit arti-

ficiel obtenu par compression, à l'état pâteux, de débris de verre ayant subi un traitement qui leur enlève leur texture. Ces dalles, en raison de leur mode de confection, peuvent recevoir telles formes et telles empreintes que l'on veut. Elles servent de revêtements, de pavages, et il en a été fait de nombreuses applications dans les grandes constructions récentes.

Comme dallage, elles ne reviennent pas sensiblement plus cher que les dallages céramiques employés fréquemment dans les poudreries et paraissent plus solides. Mais leur emploi semble surtout indiqué dans les locaux où l'on redoute l'action des acides. Nous signalerons à ce sujet l'application qui en a été faite dans un atelier de décapage avec un mortier composé de silicate de soude et de poudre de verre, application qui aurait donné de bons résultats.

Il résulte d'expériences exécutées au Laboratoire de l'École nationale des Ponts et Chaussées qu'à l'écrasement la pierre céramique résiste à plus de 2000^{kg} par centimètre carré, qu'elle se comporte bien à la gelée, qu'elle vaut comme usure le porphyre de Saint-Raphaël, et qu'elle donne d'excellents résultats au choc et à l'arrachement.

Parquets hydrofuges. — M. *Jules Blanc* expose des parquets hydrofuges sur lambourdes et des parquets *Colbit* (abréviation de *colle-bitume*). Le colbit est un enduit à base de goudron de houille qui, appliqué à faible couche, de préférence à chaud, permet de coller solidement les bois sur n'importe quels sols, pourvu qu'ils soient suffisamment secs, solides et bien dressés. On peut ainsi tirer parti des bois de petit échantillon.

Le parquet colbit ne diffère du parquet Gourguichon que par la substitution au bitume du colbit en couche beaucoup plus mince. Il reste à vérifier si, comme le dit le fabricant, ce parquet est exempt des défauts des parquets qui se déforment sous l'influence de la chaleur, surtout quand ils reçoivent des charges un peu élevées.

Quant au parquet hydrofuge sur lambourdes, il ne diffère du parquet sur lambourdes avec interposition d'asphalte dans les intervalles que par la substitution du colbit à l'asphalte, mais la consommation de colbit serait le vingtième de celle de l'asphalte.

Comme le parquet est cloué sur lambourdes, il n'y a plus de déformations à craindre et l'emploi du colbit peut amener une économie.

Ciment armé. — Les usines à ciment se sont considérablement développées, pendant ces dernières années, en France, où la production atteint près d'un million de tonnes par an, dont 450 000 tonnes de Portland artificiel, 400 000 tonnes de ciment romain ou Portland naturel et le reste de ciments artificiels divers.

L'emploi du ciment a pris une grande extension pour la préparation du ciment armé; on utilise ainsi les qualités de résistance du ciment à la compression et celles du fer à la traction. On fait des réservoirs, des canalisations en ciment armé, et même des ponts, des maisons entières. Toutefois, le ciment armé a donné lieu à quelques mécomptes qui peuvent, il est vrai, s'expliquer par un manque de surveillance dans la préparation : car, si le ciment n'est pas difficile à gâcher, il faut néanmoins apporter dans cette opération beaucoup de soin, de conscience et de méthode. Les résultats constatés dans la pratique avec un même ciment sont très variables selon les ouvriers cimenteurs.

La maison *Coignet* expose des travaux en ciment armé pour différents usages.

Voies d'usines. — Parmi les voies d'usines exposées, le matériel *Decauville* nous paraît le plus pratique pour les poudreries, surtout pour les voies portatives. Sa commodité en a depuis longtemps étendu l'emploi en France, où ce matériel est trop connu pour qu'il soit utile d'en donner une description.

Les autres principaux exposants sont la maison *Jules Weitz* et la maison *Caizergue frères;* celle-ci expose une voie portative dissymétrique : chaque morceau de voie est construit de telle sorte que le rail gauche s'engage dans un logement que porte le rail gauche du morceau de voie déjà posé, tandis que le rail droit de ce dernier s'engage dans un logement porté par le rail droit du premier.

Les *chemins de fer aériens sur câble* système *Otto-Pohlig* ne sont guère applicables dans les poudreries, mais des rails aériens seraient très utiles dans certains établissements et pour certaines

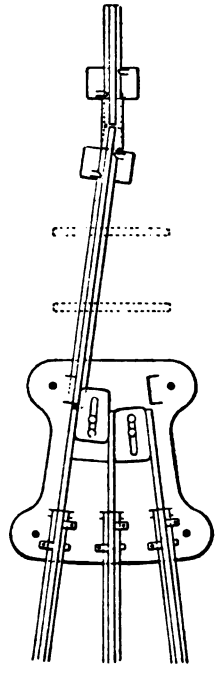
opérations : par exemple, pour le transport des nitrates, chlorures et autres matières dans les raffineries de salpêtre.

Des vis sans fin offriraient aussi un mode de transport avantageux dans quelques cas.

Nous dirons quelques mots du *Monorail portatif* système *Caillet,* qui est la plus simple des voies portatives. Le monorail se pose sur le sol; la voie se compose d'un rail unique en acier, du type Vignole, pesant de $4^{kg},500$ à $9^{kg},500$ le mètre, suivant les charges qu'il est appelé à porter. Les traverses sont formées par une semelle rectangulaire en tôle avec agrafes pour saisir le patin du rail. L'éclisse est un manchon ayant la forme du rail, dans lequel on rentre les extrémités des deux rails à joindre. Ni les rails ni les éclisses ne sont percés. La pose est des plus faciles et des plus rapides.

On fabrique dans le même système des courbes et des changements de voie (*fig.* 9), des dérailleurs et, au besoin, des plaques tournantes.

Fig. 9.



Le matériel est approprié à la voie : chaque véhicule a deux roues avec boudins et le chargement se fait le plus bas possible. L'équilibre est maintenu au moyen d'une barre ou levier en bois qui sert en même temps à la propulsion. Le moteur est ainsi non plus devant ou derrière le wagonnet, mais à côté. Des patins de sûreté placés sous le véhicule empêchent celui-ci de verser lorsqu'on abandonne le levier ou lorsque le moteur fait une chute en marche.

Comme simplicité et économie, il semble difficile de dépasser le *Monorail Caillet*.

Appareils protecteurs. — Sous ce titre, nous mentionnerons brièvement les appareils exposés par l'*Association des industriels contre les accidents du travail : monte-courroies* d'une grande simplicité avec cordon de tirage ou avec perche à crochet articulé ; *pare-éclats* s'adaptant au burin et d'un emploi plus commode que les lunettes ; le *protecteur Weber et Mathon* pour toupie verticale, sorte de cage enveloppant la toupie, et munie de fenêtres pour le passage du bois à travailler et pour la sortie des copeaux ; le *couvre-scie Fleuret*, formé de trois papillons mobiles autour d'un axe horizontal, que le bois à scier soulève successivement sans aucune résistance ; lorsque la pièce de bois arrive à bout, le premier papillon retombe derrière elle et protège la main de l'ouvrier.

Il y avait aussi des *couvre-engrenages* ingénieusement combinés, garantissant l'ouvrier tout en permettant la visite, le graissage et l'entretien ; des *garde-corps* formés de simples treillages métalliques ou plus élégamment de feuilles de métal, dites *métal déployé*, feuilles ajourées en mailles en forme de losange, sans soudure, rigides et cependant légères, donnant une protection efficace auprès des volants, des courroies, et en général de tous les organes de machines en mouvement. (Le *métal déployé* est fabriqué par la *machine Golding* qui reçoit à l'arrière la feuille pleine d'un métal quelconque et livre à l'avant la même feuille découpée sans perte de matière.)

Enfin, nous citerons les appareils hygiéniques du *Dr Detourbe ;* les *lunettes d'atelier* pour préserver les yeux des projections de copeaux ou du contact des poussières irritantes comme celles du

soufre; le *masque respirateur,* qui serait si utile dans les ateliers où la ventilation n'assure pas aux ouvriers un air pur, exempt de poussières métalliques comme celles de plomb, de poussières à arêtes vives comme celles de grès, de poussières organiques comme il s'en dégage des déchets de coton, les unes empoisonnant, les autres déchirant les tissus des poumons ou inoculant des maladies contagieuses. Malheureusement, la crainte de la raillerie retient un grand nombre d'ouvriers et restreint beaucoup l'emploi de ce masque.

Quant aux vapeurs acides, auxquelles sont exposés les poudriers dans la fabrication du coton-poudre, de la dynamite, etc., ainsi que dans le raffinage du soufre, il n'existe jusqu'ici d'autre moyen de préservation qu'une ventilation bien comprise.

CHAPITRE II.

POUDRES ET EXPLOSIFS DIVERS.

Cellulose. — Nous signalerons l'exposition des échantillons de coton pour cotons-poudres de M. *Simonet,* ainsi que celle d'un produit désigné par MM. *Chevretin et Lematte* sous le nom de *celluline,* destiné à remplacer le coton hydrophile pour les usages médicaux. Ce serait une cellulose fabriquée avec les aiguilles du pin et du sapin des forêts du nord de l'Europe, très pure et possédant un pouvoir absorbant supérieur à celui du coton hydrophile. Elle se présente sous la forme de nappes légères, souples et soyeuses, d'un aspect analogue à celui des celluloses de coton.

MM. *Bergès et Corbin* exposent des celluloses blanchies par l'électricité, parmi lesquelles se trouvent des papiers et de la ouate légèrement feutrée, qui paraissent aptes à l'imbibition.

Dans la Section allemande, la *Fabrique de cellulose de Waldhof* présente des celluloses au bisulfite blanchies ou écrues, parmi lesquelles des sortes de papiers préparés en vue de la nitration pour la fabrication de la poudre sans fumée et de la soie artificielle.

Aux Sections allemande, autrichienne, hongroise, norvégienne, russe et suédoise, on trouve encore de nombreux échantillons de celluloses et de papiers, mais rien d'intéressant au point de vue

qui nous occupe, sauf cependant à l'exposition suédoise où l'on voit de la cellulose amorphe pour fabrication de la poudre et de la soie, ainsi que de la soie de bois.

Par contre, dans la Section française, les *Usines et Soies de Fismes* (Marne) spécifient que la matière première de leur soie artificielle est de la cellulose de *coton* à l'exclusion de toute autre.

Il résulte de cet ensemble que la cellulose de bois est fréquemment employée à la production des pyroxyles, tout au moins des pyroxyles solubles, que cet emploi est discuté, enfin qu'il paraît possible d'obtenir, même en France, des celluloses susceptibles d'être nitrées.

Acide phénique. — Dans la Section française, la *Compagnie parisienne des asphaltes* et la *Société anonyme des matières colorantes et des produits chimiques de Saint-Denis* exposent de l'acide phénique cristallisé et du phénol synthétique.

Dans la Section belge, la *Société anonyme des agglomérés du bassin de Charleroi* expose de l'acide phénique pur : on en trouve également dans la Section hongroise. Dans la Section anglaise, M. *Ch. Lowe,* de Manchester, présente de l'acide phénique cristallisant à 42°,25 et bouillant à 182°.

Poudres et explosifs. — FRANCE. Le Ministre de la Guerre ayant décidé que les poudreries nationales ne participeraient pas à l'Exposition de 1900, nous ne trouvons dans la Section française que des échantillons de *poudres J* présentés par M. *Bruneau,* Ingénieur des Poudres et Salpêtres. Les poudres J sont formées de coton-poudre et de bichromate d'ammoniaque; elles se grènent comme la poudre noire à différentes grosseurs et peuvent s'employer avantageusement dans les armes de guerre et de chasse. Le *Mémorial des Poudres et Salpêtres,* Tome V, p. 215, et Tome VI, p. 194, contient une étude complète de cette poudre.

Appareils enregistreurs. — La maison *Golaz* expose un manomètre à piston libre et des manomètres enregistreurs inventés par MM. Sarrau et Vieille, ainsi qu'une bombe calorimétrique Mahler.

M. *Schmidt* expose un chronographe à spiral. Cet appareil se compose essentiellement d'un balancier mû par un ressort spiral : une aiguille mobile sur un cadran divisé empiriquement donne

le temps en fonction de l'angle parcouru. Le balancier se met en mouvement lorsque le courant qui passe dans le premier cadre-cible est rompu, et s'arrête sous l'action d'un frein actionné par un ressort lorsque le projectile vient rompre le courant du second cadre-cible.

Le chronographe Schmidt, qui ne peut remplacer le chronographe Le Boulangé-Bréger comme exactitude, est appelé à rendre des services dans beaucoup de cas, par exemple dans les installations provisoires.

Poudres étrangères. — Les puissances étrangères se sont en général abstenues, suivant l'exemple du Gouvernement français. Les échantillons de poudres que nous avons trouvés à l'Exposition provenaient de fabriques particulières et consistaient surtout en poudres de chasse et de mine.

Autriche. — L'*Actien Gesellschaft Dynamit Nobel* expose des échantillons artificiels :

1° Des dynamites qu'elle fabrique dans ses quatre établissements de Pressburg, Zamky près Prague, St-Lambrecht (Steiermark) et Saubersdorf (N. Oesterreich);

2° Des différentes poudres sans fumée fabriquées à Pressburg et Saubersdorf : Scheibchenpulver (poudre en rondelles), Bandpulver (poudre en rubans) et Röhrenpulver (poudre en tubes). Cette dernière est une poudre à la nitroglycérine pour les canons de gros calibre, d'une épaisseur de 15^{mm} à 25^{mm} et d'une longueur variant de 570^{mm} à 720^{mm};

3° Un explosif de sûreté : *la Progressiste,* pour mines grisouteuses;

4° Des appareils électriques pour l'inflammation des mines et notamment des amorces à incandescence pour mines grisouteuses avec appareils de mise de feu dynamo-électriques (brevet Tirman).

On trouve encore, dans la Section autrichienne, l'exposition de la *Direction I. et R. des établissements d'épreuves pour armes portatives* à Klagenfurt. Elle comprend, notamment, des modèles de charges servant aux épreuves (poudre et plomb), ainsi que des appareils de mesure à quatre pistons pour évaluer les pressions à différents points de l'arme.

BELGIQUE. — La *Société anonyme des explosifs de Clermont, Müller et Cie*, expose des poudres de chasse, des poudres de guerre sans fumée, des dynamites, des grisoutites, des mèches et des cartouches.

Les poudres de chasse noires se fabriquent en quatre numéros, avec une charge de $5^{gr},5$ et 35^{gr} de plomb n° 6; elles donnent une vitesse, à $12^{m},50$, de 270^{m} à 285^{m} dans le calibre 12. Dosage : 75 salpêtre, 10 soufre, 15 charbon de bourdaine préparé avec beaucoup de soin. Trituration de cinq heures par 25^{kg} sous des meules de 4000^{kg}. Galetage à la presse. Grenage au grenoir à cylindres. Lissage. Séchage.

La Société de Clermont fabrique aussi des poudres noires à trituration réduite.

Les poudres de chasse sans fumée sont la *mullerite n°* 1 en paillettes vertes, la *mullerite n°* 2 en grains, et la *clermonite* en grains anguleux de couleur verte. Les deux premiers types sont formés presque exclusivement de nitrocellulose, le dernier contient en outre des nitrates.

A la charge de $2^{gr},2$ et 32^{gr} de plomb n° 6, la vitesse est de 280^{m} à 285^{m} et la pression de 300^{kg} à 350^{kg} dans le calibre 12 pour la mullerite n° 1, de 275^{m} avec 450^{kg} de pression pour la mullerite n° 2 à la charge de 2^{gr}, et de 275^{m} avec 400^{kg} de pression pour la clermonite à la charge de $2^{gr},6$.

Nous donnerons plus loin un Tableau comparatif des tirs effectués sur les différentes poudres de chasse dont les fac-similés ont figuré à l'Exposition.

C'est la Société de Clermont qui a installé, en 1866, les deux poudreries espagnoles de la Manjoya-Oviedo et Nocedal-Bilbao, puis, en 1883, la poudrerie roumaine de Tirgoviste.

La *Société anonyme Cooppal et Cie* (Wetteren) expose des poudres de guerre noires, brunes et sans fumée. Parmi celles-ci, nous citerons :

1° De la poudre pour le fusil Mauser de $7^{mm},65$. $V_0 = 600^{m}$. $P = 2400^{kg}$;

2° De la poudre pour le fusil Mauser de 7^{mm}. $V_0 = 720^{m}$. $P = 2800^{kg}$;

3° De la poudre à canon en grains plats pour canons de 87^{mm} et 75^{mm}. $V_0 = 460^{m}$. $P = 2200^{kg}$;

4° De la poudre en languettes pour canon de 75^{mm} à tir rapide et pour canons de 15^{cm} et de 24^{cm};

5° De la poudre tubulaire pour tous les calibres, laquelle donnerait des résultats remarquables comme vitesse, pression et régularité.

Les poudres de chasse sans fumée sont de deux types : la *poudre Cooppal n°* 1, à grains ronds, de couleur variable, formée de pyroxyle et de sels, et la *poudre Cooppal n°* 2 en lamelles carrées de 1^{mm},3 environ de côté et de 0^{mm},1 d'épaisseur, très légères, de couleur gris-ardoise. Cette poudre, qui dérive de la poudre de guerre L^{a} pour fusil belge, donne avec une charge de 2^{gr},2 une vitesse, à 15^{m}, de 300^{m} pour une pression de 400^{kg}.

Des soins minutieux sont apportés dans la fabrication des poudres sans fumée. Ainsi, pour éviter l'action des vapeurs acides, les ateliers de nitrification et des premiers lavages sont à une grande distance des ateliers où s'effectuent les derniers lavages. Les lots de cotons-poudres sont classés suivant leurs propriétés pour former des mélanges aussi homogènes que possible, et soumis, avant leur emploi, à des épreuves rigoureuses.

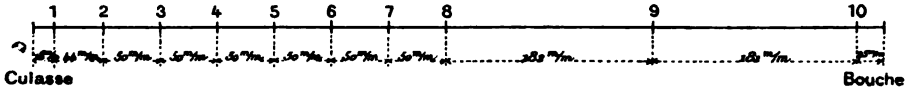
La Société Cooppal possède une fabrique d'éther acétique et d'éther sulfurique.

Elle prépare enfin la *tonite,* explosif adopté par le génie de l'armée belge.

Banc d'épreuves. — M. *Jules Polain,* directeur du banc d'épreuves des armes à feu établi à Liége, expose les appareils de mesure des pressions qui servent à la vérification des cartouches employées à l'épreuve des armes.

Ces appareils consistent en un canon calibre 12 ayant 75^{cm} de longueur, et percé de dix trous munis d'appareils crushers à

Fig. 10.



cylindres de 4^{mm},9 répartis sur la longueur du canon comme l'indique la *fig.* 10.

Les charges d'épreuve sont supérieures de 80 pour 100 aux charges usuelles; les pressions d'épreuve ne doivent, en aucun cas, dépasser 800^{kg}, ni rester inférieures à 600^{kg}.

Voici les résultats moyens d'essais faits avec cet appareil à deux époques différentes :

1° Diagrammes obtenus en 1895-1896 :

Chargements employés.

POUDRE ESSAYÉE.	ϖ.	p.	NUMÉRO du plomb.
	gr	gr	
Poudre Schültze	2,981	36	6
» EC n° 2	2,916	36	6
» S n° 1	3,100	36	7
» S n° 2	3,100	36	7
» J n° 1	3,800	36	7
» J n° 2	3,800	36	7
L_3S de Wetteren	2,200	33	6

Pressions moyennes mesurées.

NUMÉRO d'ordre des crushers.	SCHULTZE.	EC_2.	S_1.	S_2.	J_1.	J_2.	L_3S.
1	480	408	468	516	438	474	366
2	432	360	456	414	474	468	438
3	282	276	300	300	270	312	294
4	306	318	306	312	264	312	282
5	240	228	306	306	336	246	282
6	252	264	276	240	300	294	270
7	282	282	300	288	324	312	306
8	276	270	258	318	324	312	294
9	312	372	312	354	342	354	300
10	360	378	300	294	312	366	306

2° Diagrammes obtenus en 1898-1899 :

Chargements employés.

POUDRE ESSAYÉE.	ϖ.	p.	NUMÉRO du plomb.
	gr	gr	
Poudre Schültze	2,72	31,5	7
» EC n° 3	2,70	32,5	7
» S n° 1	2,50	36	7
» S n° 2	2,50	36	7
» J n° 1	3,60	36,2	7
» J n° 2	3,60	36,2	7
» L_3S	2,20	32,5	7
Mullerite	2,40	32	7

Pressions moyennes mesurées.

NUMÉRO d'ordre des crushers.	SCHULTZE.	EC_3.	S_1.	S_2.	J_1.	J_2.	L_3S.	MULLERITE.
1	300	372	420	342	420	486	330	252
2	306	360	330	300	438	264	300	246
3	288	258	234	222	234	222	288	216
4	228	228	216	186	222	198	234	198
5	186	186	198	186	204	186	204	186
6	180	180	192	174	186	186	186	174
7	174	174	204	180	180	192	186	168
8	174	174	192	204	174	186	174	168
9	168	180	234	222	174	252	174	168
10	168	174	204	180	168	186	168	168

Pour le calcul des pressions, on a admis le fonctionnement statique pour les deux premiers crushers, dynamique pour les autres ; il est probable que le fonctionnement du troisième crusher n'est pas absolument dynamique, ce qui expliquerait qu'il donne généralement des pressions bien plus faibles que le second, et souvent même inférieures à celles qu'accuse le quatrième.

Ce que M. Polain retient de ces mesures, c'est que certaines poudres donnent des pressions plus élevées aux crushers de l'ex-

trémité du canon qu'aux crushers antérieurs : cela expliquerait les ruptures qui, d'après M. Polain, se produisent fréquemment vers les $\frac{3}{4}$ de la longueur du canon. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est difficile de se rendre compte des causes des constatations de M. Polain; il faudrait, pour en trouver une explication, connaître d'une façon précise le détail des résultats et le mode exact d'exécution des mesures.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE. — La *Savage Arms C°*, à Uttica, expose la *Savage Rifle Powder,* qui est en lamelles plombaginées carrées de 1^{mm} environ de côté.

GRANDE-BRETAGNE. — La *Nobel's Explosives C° Lim.*, à Glasgow, expose sa poudre de chasse *Balistite,* la seule poudre de chasse que nous ayons rencontrée contenant de la nitroglycérine; elle est en lamelles carrées de 2^{mm} environ de côté et $0^{mm},13$ d'épaisseur, fortement plombaginées.

Cette même Compagnie expose des échantillons de *cordite* de toutes dimensions. Nous signalerons aussi les douilles chargées, coupées par un plan médian pour montrer le mode de chargement. Un vide est ménagé soit au-dessus, soit au-dessous de la poudre, probablement dans le seul but de diminuer la densité de chargement. Un carton plissé maintient la poudre.

La *Schültze Gunpowder C° Lim.*, à Londres, expose deux types de poudre de chasse : la poudre *Schültze* proprement dite qui aurait encore, paraît-il, pour base le pyroxyle de bois, et la *Rifléite* à base de coton-poudre. La première a subi de nombreuses modifications depuis qu'elle a été inventée; nous n'avons pu nous procurer d'échantillons du type exposé. Il en est de même de la rifléite, mais le type actuel ne semble pas d'un aspect différent du type antérieur : lamelles carrées assez régulières de $0^{mm},6$ seulement de côté et $0^{mm},13$ d'épaisseur, bien plombaginées et faciles à charger en raison de leurs dimensions.

La *Birmingham Metal and Munitions C° Lim.* expose des douilles, capsules, amorces, fusées d'obus, de la cordite, de la balistite. Elle a fourni des munitions non seulement au Gouvernement anglais, mais aussi à l'Italie, la Belgique, l'Espagne, la Suède,

l'Égypte, à plusieurs États de l'Amérique du Sud, et même à la marine des États-Unis.

La maison *James Pains and Sons* expose principalement des fusées, des signaux d'alarme, des signaux de nuit pour bouées de sauvetage et autres artifices du même genre.

Grèce. — Les *Poudreries helléniques* présentent des échantillons de leur fabrication : poudres de guerre noires, poudres de chasse et de mine, dynamites, acide sulfurique, acide azotique. La production annuelle de cette Société serait de 200 000^{kg} de poudre de guerre; la force motrice dont elle dispose est évaluée à 200 chevaux.

Italie. — Nous trouvons, parmi les produits de la *Société Sarde des matières explosives,* la poudre *Ichnusa,* qui se présente sous la forme de grains jaunes arrondis, à surface dure, mais se réduisant facilement en poussière quand sa croûte superficielle est brisée.

La fabrique de poudre *Pieruccetti* à Gallicano (Toscane) ne produit que des poudres noires, de chasse ou de mine : salpêtre d'Allemagne au soixante-millième, soufre des Romagnes et de Sicile, charbon de chanvre à tige de 3^{mm}. Le nitrate de soude remplace le salpêtre dans certaines poudres de mine. Comme procédé de fabrication, on emploie les pilons et les presses. La production annuelle de cet établissement varie de 110 000^{kg} à 130 000^{kg}. La poudre de mine se vend 90^{fr} au nitrate de soude et 120^{fr} au nitrate de potasse, y compris l'impôt de fabrication (60^{fr}).

Le développement des poudres sans fumée ayant réduit considérablement la consommation des qualités supérieures de poudres de chasse, l'usine de Gallicano livre surtout des poudres à bon marché : le type *Scafati,* qui vaut de 2^{fr}, 50 à 2^{fr}, 80 le kilogramme, le type *Polvere de tiro* du même prix, et le type *Uso caccia* qui se vend 1^{fr}, 55.

Mexique. — Le Mexique est la seule puissance qui ait exposé des échantillons de toutes les poudres qu'elle emploie. En voici la liste avec l'indication sommaire de leurs principales propriétés :

1° La *Balistita mexicaine,* formée de binitrocellulose, nitro-

glycérine et goudron, pour fusil de guerre. Lamelles carrées de $1^{mm},5$ sur $0^{mm},1$ d'épaisseur. Densité réelle $>1,55$, densité gravimétrique $0^{kg},780$, $V_0 = 650^m$, $P = 2500^{kg}$.

2° *Poudre mexicaine sans fumée.* — Nitrocellulose gélatinisée et anilinée; fusil de chasse. De $0^{mm},5$ à $0^{mm},8$. Densité réelle $>1,52$, densité gravimétrique $0^{kg},720$.

3° *Poudre mexicaine* C_3. — Salpêtre, soufre et charbon; canon Vavasseur de 160^{mm}. Prismatique de 20^{mm}. Densité réelle $>1,80$, densité gravimétrique $0^{kg},900$-$0^{kg},920$, $V_0 = 426^m,7$, $P < 2000^{kg}$.

4° *Poudre modèle Wetteren.* — Binitrocellulose, acide picrique et paraffine; fusil de chasse. Sphérique de $0^{mm},8$. Densité réelle $>1,6$, densité gravimétrique $0^{kg},750$.

5° *Poudre modèle français.* — Binitrocellulose et nitrate de baryte; fusil de guerre. Lamelles de 1^{mm} à 2^{mm} et $0^{mm},2$ d'épaisseur. Densité réelle $>1,60$, densité gravimétrique $0^{kg},780$, $V_0 = 600^m$, $P < 2600^{kg}$.

6° *Poudre modèle allemand.* — Binitrocellulose et nitroglycérine; fusil de guerre. Lamelles de 1^{mm} à $1^{mm},5$ et $0^{mm},1$ d'épaisseur. Densité réelle $>1,55$, densité gravimétrique $0^{kg},710$, $V_0 = 700^m$, $P < 3000$.

7° *Mélinite* n° 1. — Nitrocellulose, acide picrique et camphre; projectiles creux. Lamelles de 1^{mm} à 3^{mm} et $0^{mm},4$ d'épaisseur. Densité réelle $> 1,6$, densité gravimétrique $0^{kg},760$.

8° *Poudre* F_2. — Salpêtre, soufre et charbon; fusil de guerre. Anguleuse de $0^{mm},4$ à $1^{mm},2$. Densité réelle $>1,72$, densité gravimétrique $0^{kg},920$-$0^{kg},950$, $V_0 = 410^m$, $P < 1200^{kg}$.

9° *Coralite.* — Binitrocellulose, nitroglycérine et camphre; projectiles creux. Lamelles de 2^{mm} à 3^{mm} et de $0^{mm},3$ d'épaisseur. Densité réelle $>1,58$, densité gravimétrique $0^{kg},750$.

10° *Poudre sans fumée, modèle allemand.* — Binitrocellulose, nitroglycérine et goudron; fusil de guerre. Lamelles carrées de 2^{mm} pour $0^{mm},2$ d'épaisseur. Densité réelle $>1,56$, densité gravimétrique $0^{kg},770$, $V_0 = 700^m$, $P < 3000^{kg}$.

11° *Balistite* n° 1. — Binitrocellulose, nitroglycérine, naphte et goudron; canon-revolver de 42^{mm}. Cubique de 2^{mm}. Densité

réelle $>1,6$, densité gravimétrique $= 0^{kg},800$, $V_0 = 450^m$.

12° *Poudre* F_4. — Salpêtre, soufre et charbon; fusil de chasse. Anguleuse de $0^{mm},2$ à $0^{mm},6$. Densité réelle $>1,72$, densité gravimétrique $0^{kg},885$.

13° *Fusées de bombes à double effet, système Mondragon* pour grenades.

14° *Schrapnell* F_3. — Salpêtre, soufre et charbon; pistolet Colts et Smith. Anguleuse de $0^{mm},2$ à 1^{mm}. Densité réelle $>1,72$, densité gravimétrique $0^{kg},900$, $V_{20} = 180^m$.

15° *Poudre sans fumée, modèle Troisdorf.* — Coton-poudre et goudron; fusil de guerre. Lamelles de $1^{mm},5$ et $0^{mm},2$ d'épaisseur. Densité réelle $>1,53$, densité gravimétrique $0^{kg},790$, $V_0 = 680^m$, $P < 2500^{kg}$.

16° *Poudre sans fumée, modèle français.* — Binitrocellulose et nitrate de baryte; canon de 80^{mm} système de Bange. Bandes lamellaires de $0^{mm},5$ d'épaisseur. Densité réelle $>1,55$, densité gravimétrique $0^{kg},720$, $V_0 = 257^m$, $P < 2000^{kg}$.

17° *Mélinite* n° 2. — Binitrocellulose, acide picrique et camphre; chargement des projectiles creux de canon-revolver. Grains de $0^{mm},5$ à 1^{mm}. Densité réelle $> 1,5$, densité gravimétrique $0^{kg},700$.

18° *Poudre* F_1. — Salpêtre, soufre et charbon; chargement de projectiles. Anguleuse de 1^{mm} à 2^{mm}. Densité réelle $>1,70$, densité gravimétrique de $0^{kg},950$ à $0^{kg},965$.

19° *Poudre* EG. — Binitrocellulose gélatinée et aniline; fusil de chasse. Sphérique de $0^{mm},5$ à 1^{mm}. Densité réelle $>1,52$, densité gravimétrique $0^{kg},730$.

20° *Poudre sans fumée.* — Binitrocellulose et nitrate de baryte; chargement des projectiles. Lamelles de 3^{mm} à 5^{mm}. Densité réelle $>1,55$, densité gravimétrique $0^{kg},760$.

21° *Poudre sans fumée.* — Coton binitraté, nitroglycérine et camphre; fusil de guerre. Cylindrique perforée. Densité réelle $> 1,60$, densité gravimétrique $0^{kg},800$, $V_0 = 600^m$, $P < 2500^{kg}$.

22° *Poudre système Schültze.* — Coton-poudre gélatinisé et

granulé; fusil de chasse. Sphérique de $0^{mm},5$ à 1^{mm}. Densité réelle $> 1,5$, densité gravimétrique $0^{kg},700$.

23° *Poudre* C_4. — Salpêtre, soufre, charbon; canon de 80^{mm} système de Bange. Prismatique de 6^{mm} à 7^{mm} et de 8^{mm} à 14^{mm}. Densité réelle $> 1,70$, densité gravimétrique $0^{kg},900$-$0^{kg},959$, $V_0 = 490^m$, $P < 1500^{kg}$.

24° *Poudre système Dupont.* — Coton-poudre gélatiné et nitro-aniliné; carabine. Sphérique de $0^{mm},2$ à $0^{mm},8$. Densité réelle $> 1,5$, densité gravimétrique $0^{kg},720$.

25° *Poudre système Gouldast.* — Binitrocellulose paraffinée et goudron; fusil de chasse. Anguleuse de $0^{mm},2$ à $0^{mm},6$. Densité réelle $> 1,55$, densité gravimétrique $0^{kg},708$.

Portugal. — Le Portugal expose deux échantillons de *poudre sans fumée,* inventée par le capitaine portugais *Barreto*. Cette poudre serait formée de nitrocellulose et contiendrait une petite quantité de nitroglycérine.

Russie. — La *Poudrerie d'Ochta* peut fabriquer annuellement 1300000^{kg} de poudres sans fumée, 98000^{kg} de pyroxyline comprimée en dés, 98000^{kg} d'acide picrique, etc. Elle occupe 3000 ouvriers. Cet établissement fabrique la poudre sans fumée depuis 1891 et l'acide picrique depuis 1896.

Les *Poudreries de Kazan* produisent aussi de la poudre sans fumée, de la pyroxyline, de l'acide nitrique et de l'éther.

Voici quelques renseignements que nous nous sommes procurés sur les fabrications de ces poudreries:

1° Pour $16^{kg},4$ (1 poud) d'acide nitrique, on dépense $21^{kg},15$ de nitrate de soude, $15^{kg},97$ de combustible (mazout) et $0^{fr},637$ de main-d'œuvre.

2° Pour $16^{kg},4$ de pyroxyline, on dépense $26^{kg},17$ d'acide nitrique à 48°, 58^{kg} d'acide sulfurique à 65°,2, 11^{kg} de coton, $185^{kg},50$ de combustible, et $7^{fr},50$ de main-d'œuvre.

3° Pour $16^{kg},4$ de poudre sans fumée, on dépense $72^{kg},65$ de combustible et $5^{fr},75$ de main-d'œuvre.

A cette exposition, on voit des photographies de divers appa-

reils de fabrication, parmi lesquels nous remarquons des essoreuses surmontées de pommes d'arrosage.

Suède. — La *Poudre normale,* inventée en Suisse, appartient à une Société suédoise : l'*Aktiebolaget Svenska Krutfaktorierna;* elle a été adoptée par le Gouvernement suisse, par la Suède, la Norvège, le Danemark et la Finlande. C'est une nitrocellulose sans nitroglycérine, n'abîmant pas, par conséquent, les armes, comme la cordite et la balistite, et plus stable que ces dernières.

La Poudre normale donnerait des résultats balistiques aussi bons que les meilleures poudres à la nitroglycérine, sans en présenter les inconvénients. Elle procurerait les mêmes vitesses avec des charges plus faibles de 10 à 15 pour 100. Elle assurerait mieux qu'aucune autre poudre sans fumée la conservation des armes : un fusil a tiré 30000 coups et un canon de campagne 800 coups sans aucune détérioration des rayures, tandis que les poudres à la nitroglycérine ont mis hors de service un fusil après 1000 coups et un canon après 100 coups. Cent coups tirés consécutivement avec la poudre normale n'ont élevé la température du canon de fusil qu'à 140° C., la balistite ayant donné 240° C. dans les mêmes conditions.

Quant à la stabilité, de fortes quantités de Poudre normale auraient été emmagasinées pendant trois à quatre ans sans montrer aucune altération et sans attaque des douilles métalliques.

En cartouches, elle serait insensible au choc des balles.

La fabrication n'offrirait point de dangers; elle serait simple et peu coûteuse.

La Poudre normale ne donne pas plus de fumée que la poudre à la nitroglycérine; elle produit peu de flamme et celle-ci n'est pas, comme celle de la poudre à la nitroglycérine, visible à distance. Son explosion ne donne aucun gaz nuisible à la santé; son inflammation est facile. Elle ne fond pas, n'exsude pas et conserve le même état jusqu'à la température d'inflammation qui est de 180° C. Enfin, elle est parfaitement lisse et sans poussière; on peut remplir les douilles sans peser les charges et compter sur un écart maximum de $0^{gr},04$. On la fabrique pour les fusils de $6^{mm},5$, $7^{mm},65$, 8^{mm}; pour les canons de campagne de 7^{cm}, $7^{cm},5$, $8^{cm},4$;

pour les canons de 12^{cm}; pour les obusiers et mortiers de 12^{cm} et les canons de 47^{mm}.

Tels sont les renseignements donnés sur cette poudre par la Société qui la fabrique.

Voici le résultat d'essais officiels faits en Suisse et en Suède :

	POUDRE à fusil.	POUDRE à canon de campagne.
Nombre de grains au gramme..	1,014	40
Densité gravimétrique.....	0,750	//
Densité réelle	1,54	1,55
Humidité.....	1,5 pour 100	1,2 pour 100

Comparée à la cordite et à la poudre Troisdorf, la Poudre normale a donné les résultats suivants dans le tir au fusil :

	POUDRE NORMALE.	CORDITE.	TROISDORF.
Calibre.....	$7^{mm},65$	$7^{mm},7$	8^{mm}
Charge.....	$2^{gr},0$	$1^{gr},9$	$2^{gr},6$
Poids de la balle.	$13^{gr},8$	$13^{gr},9$	$14^{gr},5$
Pression.....	2200^{kg}	2286^{kg}	2550^{kg}
V_0.....	620^{m}	606^{m}	604^{m}

Dans un fusil de 8^{mm}, avec une balle de $14^{gr},5$, la Poudre normale a donné à la charge de :

CHARGE.	V_{25}.	P.
gr	m	
2,60	694	//
2,40	650	//
2,30	617	//
2,25	605	2458^{kg}
2,20	586	//

Voici les résultats obtenus dans les canons :

	CALIBRE.	POIDS du projectile.	CHARGE.	V_0.	P.
	cm	kg	gr	m	kg
Canon de montagne (11 calibres)..	7,5	4,3	170	320	1100
Canon de campagne (23 calibres)..	8,4	6,7	560	473	1454
Canon de siège (25 calibres).....	12,0	18,0	2000	530	1900
Obusiers.....	12,0	18,0	300	237	900
Mortiers.....	12,0	18,0	300	226	820

Conservation. — De grandes quantités de cartouches conservées en magasin par le Gouvernement suisse, pendant trois ans et demi, n'ont subi aucune altération et les qualités balistiques de la poudre se sont maintenues.

Conservée dans des gargousses de soie contenant chacune 600gr, la Poudre normale pour canons de campagne a donné les chiffres suivants :

	HO pour 100.	V_0.	P.	OBSERVATIONS.
		m	kg	
Après 1 mois en magasin...	1,19	478	1731	
» 11 » ...	1,35	466	1567	
» 23 » ...	1,2	475	1647	
» 11 mois dans une cave humide.....	3,6	441	1312	Gargousses couvertes de moisissures.
» 23 »	2,6	450	1356	

Humidité. — Mise dans un verre de montre, au-dessus d'un récipient contenant de l'eau et placé sous cloche, la Poudre normale avait absorbé, après deux jours, 1,1 pour 100 d'humidité. Plongée dans l'eau et séchée, elle conserve ses qualités balistiques.

Température. — Des cartouches ont été chauffées à 30° C., d'autres gelées à —10° C. Tirées à ces températures, elles ont donné, dans le fusil de 8mm avec la balle de 14gr,5, à la charge de 2gr,25, les premières une vitesse de 608m avec une pression

de 2552^{kg}, les secondes 599^{m} avec 2335^{kg} de pression. A la température ordinaire, on obtient la vitesse de 605^{m} avec 2460^{kg} de pression.

Stabilité. — Portée à 80° C. pendant trente minutes, dans un bain-marie, la Poudre normale ne modifie pas le papier à l'iodure de potassium amidonné.

Il en est de même après huit journées de huit heures à 70°; de même après cent quatre-vingt-douze heures consécutives à 50°.

Coton-poudre de guerre. — Le coton-poudre de guerre est fabriqué par la *Skanska Bomullskrut Fabriks Aktiebolaget,* Société fondée en 1894. Sa production est d'environ 623^{kg} de coton sec par jour.

Extrait d'un procès-verbal dressé par un lieutenant de vaisseau suédois pour une réception de coton-poudre commandé par l'Administration royale de la marine :

	CHIFFRES stipulés au contrat.	CHIFFRES du contrôle.
Longueur maxima des fibres	5^{mm}	3^{mm}
Densité minima	1,16	1,205
Maximum de coton insuffisamment nitré.	2,5 pour 100	0,288 pour 100
Coton-poudre soluble dans l'alcool et l'éther (maximum)	12,0 »	4,98 »
Minimum pour 100 d'azote	12,6 »	13,002 »
Stabilité à 80° C.	0^{h}10^{m}	0^{h}45^{m}
Le dégagement des gaz doit se faire après	160° C.	180° C.
L'inflammation ne doit pas se faire avant	180°	188°,4

ESSAI DES POUDRES DE CHASSE ÉTRANGÈRES.

Les poudres de chasse étrangères qui figuraient à l'Exposition ont été essayées au Laboratoire central des Poudres et Salpêtres dans les conditions d'épreuve adoptées en France. Les résultats balistiques obtenus sont résumés dans le Tableau ci-dessous.

Fusil calibre 12; charge de plomb n° 6 : 36^{gr}; douilles saumon de la Société des Munitions.

Chargement. — On place sur la poudre une rondelle goudronnée, puis une bourre grasse cylindrique de 10^{mm} d'épaisseur,

puis une ou plusieurs bourres en feutre sec. Le plomb est maintenu par une rondelle mince en carton, et la cartouche est achevée par un bon sertissage.

Les vitesses sont mesurées à 15^{m} avec le chronographe Le Boulengé et les pressions déterminées au moyen de crushers de $4^{mm},9$.

Tableau des vitesses et pressions de quelques poudres de chasse étrangères.

ÉTABLISSEMENTS producteurs.	ESPÈCES de poudre.	CHARGE.	V_{15}.	PRESSIONS.	OBSERVATIONS.
		gr	m	kg	
Wetteren.....	Poudre Cooppal.	3,0	270	350	
Id.	Poudre L. S.	2,40	270	350	On a eu soin d'éviter de serrer la poudre qui est très compressible.
Id.	Id.	2,50	//	500	
Clermont..... ..	Clermonite.	2,70	260	450	
Id.	Mullerite n° 1.	2,25	270	350	
Nobel's C°.....	Ballistite.	1,90	270	450	
Schultz C°.....	Rifléite.	2,80	270	300	
Société Sarde...	Ichnusa.	2,60	265	450	
Soc. Landskrona	Normal.	2,20	265	550	

CANONS PARAGRÊLE.

Avant de terminer ce Rapport, nous dirons quelques mots d'un nouveau matériel d'artillerie destiné à combattre la grêle. A la suite des résultats obtenus en Autriche, et plus récemment en Italie, par le tir des canons contre les nuages à grêle, des essais ont été effectués en France, dans les départements du Rhône, de Saône-et-Loire et de la Gironde. L'action du tir paraissant efficace et le développement des stations de tir croissant avec une très grande rapidité, du moins à l'étranger (l'Italie comptait, en juillet 1900, 12000 stations de tir), il devient nécessaire d'aider les viticulteurs dans leurs recherches et le Ministre de la Guerre a saisi de cette question la Commission des Substances explosives.

A l'Exposition nous n'avons trouvé, dans la Section française, d'autres canons paragrêle que celui de M. Vermorel. C'est un bloc d'acier forgé, prismatique, percé d'un trou central pour recevoir la cartouche également en acier, de 12^{cm} de hauteur et de 4^{mm} d'épaisseur. Un percuteur placé au-dessous sert à produire la détonation. La culasse se relie au moyen d'un étrier à un cône mé-

tallique de 2^{m} environ de hauteur, formant cheminée, dans lequel les gaz produits par la déflagration de 80^{gr} à 100^{gr} de poudre sont projetés avec violence. L'évasement du cône a été déterminé par l'expérience, de telle sorte qu'autour de la gerbe centrale se développent sur les parois des tourbillons qui s'échappent dans l'air sous la forme de tores ou anneaux. Ces tores atteindraient une grande hauteur d'après la théorie du professeur Roberto adoptée par M. Vermorel, et troubleraient dans les nuages la formation des grêlons.

Pour engager facilement la cartouche dans la culasse, celle-ci

Fig. 11.

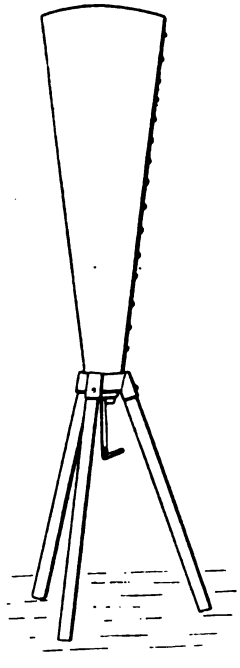
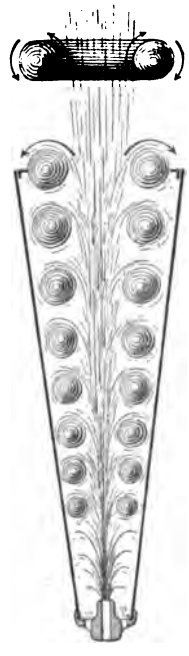


Fig. 12.



est mobile autour d'un axe horizontal. Dans la position verticale, elle est fixée par une cheville afin d'éviter les accidents.

Le canon tout entier est supporté par un trépied en fer (*fig.* 11 et 12).

Paris, le 1er mars 1901.

Le rapporteur,
ED. HAGRON.

SUR LA LOI

DES

PRESSIONS DANS LES BOUCHES A FEU;

PAR

M. E. VALLIER,

Chef d'escadron d'artillerie, Correspondant de l'Institut.

TROISIÈME NOTE.

Dans une première étude insérée au *Mémorial des Poudres et Salpêtres* de 1899 (t. X, p. 171), j'avais été conduit à représenter la pression élémentaire des gaz de la poudre dans une bouche à feu, à l'instant t, par une expression

$$P = P_0 P(z) \tag{1}$$

où P_0 désignait la pression maximum et z le rapport $\frac{t}{\theta}$, θ étant la durée du développement de cette pression, ou plutôt de cette accélération du mouvement de l'obus, depuis l'origine dudit mouvement, où elle est nulle, jusqu'à l'instant du maximum. Dans cette relation, la fonction $P(z)$ avait pour valeur

$$P(z) = \varphi(z) = ze^{1-z}.$$

Cette expression n'était, bien entendu, qu'approchée et n'avait pour but que de permettre, à défaut d'autres formules plus exactes, des études numériques relatives à la résistance de l'arme ou des organes accessoires.

Elle présentait toutefois l'inconvénient de conduire presque toujours à une évaluation trop faible de la durée θ du développement de la pression maximum, et l'on conçoit que, d'autre part,

une seule relation soit trop rigide pour la représentation d'un phénomène aussi complexe que celui qui nous occupe.

Retenant donc de la première Étude le type de la fonction $\varphi(z)$ qui donne bien un accroissement rapide de la pression jusqu'à l'instant du maximum, puis un abaissement avec inflexion et direction asymptotique à l'axe des temps, comme le montrent les tracés expérimentalement enregistrés, nous adopterons l'expression

$$P(z) = \varphi^{\beta}(z), \tag{1 bis}$$

où l'exposant β est une nouvelle caractéristique à déterminer dans chaque cas particulier. Cet exposant est d'autant plus élevé que la poudre fonctionne comme plus lente, et nous le désignerons pour ce motif sous le nom d'*exposant de lenteur* de la poudre.

Voici comment on déduit de cette formule les éléments du mouvement dans l'âme.

En appelant m la masse du projectile et μ celle de la charge de poudre, u' la vitesse de l'obus en mètres, u l'espace parcouru à l'instant t, évalué en mètres également, ω la section droite de l'âme en centimètres carrés, P_1 la pression maximum par centimètre carré, et désignant enfin par $V(z)$ et $U(z)$ les deux transcendantes

$$V(z) = \int_0^z P(z)\,dz, \qquad U(z) = \int_0^z V(z)\,dz,$$

l'équation différentielle du mouvement et celles qui s'en déduisent sont :

$$\left(m + \frac{\mu}{2}\right)\frac{du'}{dt} = \omega P_1 P(z), \tag{2}$$

$$\left(m + \frac{\mu}{2}\right) u' = \omega P_1 \theta V(z), \tag{3}$$

$$\left(m + \frac{\mu}{2}\right) u = \omega P_1 \theta^2 U(z). \tag{4}$$

Désignons maintenant par des lettres majuscules les divers éléments relatifs à la bouche de la pièce, c'est-à-dire par U', U et Z la vitesse initiale, le parcours de l'obus dans l'âme et le rapport $\frac{T}{\theta}$ de la durée de trajet à celle du développement de la pression maxi-

mum; soit enfin P_m la pression moyenne et constante qui, dans le même parcours U, imprimerait à l'obus la vitesse U'; on a par l'équation du travail

$$P_m = \frac{\left(m + \frac{\mu}{2}\right) U'^2}{2\omega U}. \tag{5}$$

Soit α le rapport de la pression maximum à cette pression moyenne P_m. Ce rapport α est souvent employé comme caractéristique du travail de la poudre dans chaque cas particulier. Il reste voisin de 3 pour les poudres noires et compris entre 1,3 et 2 pour les poudres sans fumée.

Son expression analytique est, avec nos notations,

$$\alpha = 2\frac{U(Z)}{V^2(Z)} = \frac{2\omega P_1 U}{\left(m + \frac{\mu}{2}\right) U'^2}. \tag{6}$$

Nous l'appellerons *coefficient de fatigue* de la bouche à feu.

Ce coefficient α est une donnée du problème, car la vitesse initiale et la pression maximum sont des éléments fondamentaux qui sont déterminés *a priori* dans les projets de canons et vérifiés expérimentalement.

Supposant connue la loi $P(z)$ et, par suite, les deux transcendantes $U(z)$ et $V(z)$, l'équation (6) déterminerait Z.

Divisant alors membre à membre les équations (3) et (4), on obtiendra, en y faisant $z = Z$,

$$\theta = \frac{U}{U'}\left[\frac{V(Z)}{U(Z)} = \Theta(\alpha)\right], \tag{7}$$

en désignant par $\Theta(\alpha)$ la fraction ci-dessus, laquelle est bien réellement une fonction de α, puisque Z est déterminée par la relation (6).

Désignant maintenant par l'indice 1 les éléments du point de pression maximum, où l'on a $z = 1$, on écrira

$$u_1 = U\Phi(\alpha), \qquad u'_1 = U'W(\alpha), \tag{8}$$

en posant

$$\Phi(\alpha) = \frac{U(1)}{U(Z)}, \qquad W(\alpha) = \frac{V(1)}{V(Z)}, \tag{8 bis}$$

et pour les éléments d'un point quelconque

$$(9)\qquad \begin{cases} u = u_1 \dfrac{U(z)}{U(1)} = U \dfrac{U(z)}{U(Z)}, \\ u' = u'_1 \dfrac{V(z)}{V(1)} = U' \dfrac{V(z)}{V(Z)}, \\ t = \theta z, \\ P = P_1 P(z), \end{cases}$$

ce qui permettra de tracer les courbes des divers éléments soit en fonction des temps, soit en fonction des espaces.

Il ne reste plus à connaître que les valeurs des diverses fonctions de z et de α que nous avons employées. Nous donnons ci-dessous les divers Tableaux numériques de ces fonctions et les formules qui ont servi à les calculer. Nous joignons à ces fonctions déjà définies deux autres expressions, l'une

$$\mathfrak{T}(\alpha) = Z\theta(\alpha),$$

l'autre

$$Q(\alpha) = \alpha P(\alpha).$$

La première de ces expressions donne la durée de trajet dans l'âme, T, par la relation

$$T = \frac{U}{U'} \mathfrak{T}(\alpha).$$

La deuxième peut servir à la détermination théorique de l'exposant de lenteur β, comme on le verra plus loin.

Les Tables en question sont en effet établies pour diverses valeurs de l'exposant β, et il convient dans chaque cas particulier de faire choix de la plus plausible.

RECHERCHE DE L'EXPOSANT DE LENTEUR β.

Indépendamment de la vitesse et de la pression maximum, on connaît en effet d'ordinaire un autre élément. Cet élément peut provenir de l'expérience : ce sera, par exemple, la pression à la bouche de la pièce, déterminée par l'écrasement d'un crusher dûment taré au préalable, et écrasé de même à une pression un peu moindre que celle qu'il doit supporter; ce pourra être aussi la durée de trajet dans l'âme, obtenue soit directement par la rupture de circuits électriques au moment de la mise en marche et

de la sortie du projectile, soit encore à l'aide d'un vélocimètre. A noter toutefois que les inerties et résistances passives dues au jeu des différentes pièces tendent à donner pour cette durée de trajet une évaluation inférieure à la réalité. Dans le premier cas, on utilisera la Table de $P(\alpha)$; dans le deuxième cas, c'est de la Table de $\mathfrak{E}(\alpha)$ qu'il sera fait usage. La connaissance du volume de la chambre à poudre peut encore donner une indication, et c'est dans ce but qu'a été étudiée la fonction $Q(\alpha) = \alpha P(\alpha)$.

On sait que, dans la plupart des cas, la courbe des pressions développées par les nouvelles poudres dans les bouches à feu se confond, dans le voisinage de la bouche, avec la courbe de détente adiabatique correspondant à l'énergie produite, la totalité de la poudre étant comburée avant que le projectile soit sorti de l'âme.

En admettant ainsi la détente en fin de parcours, et, comme rapport des chaleurs spécifiques, la valeur 1,1 adoptée dans l'usine Krupp et déduite également de mes discussions (1), on obtient une relation qui se traduit numériquement par le Tableau suivant, où S désigne le volume total de l'âme, s celui de la chambre à poudre, tous deux évalués en litres, et ϖ le poids en kilogrammes de la charge de poudre

$\frac{S-\varpi}{s-\varpi}$	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
$Q(\alpha)$	0,457	424	398	379	361	348	334	323	315	307	300	293	287	282	277	272

Voici donc ce qu'indique la théorie pour la recherche de l'exposant β dans un cas donné.

Calculer le paramètre α par la formule (6), puis déterminer, selon les données dont on dispose, soit la valeur de $P(\alpha)$ d'après les indications du crusher de volée, soit, à défaut, la valeur de $\mathfrak{E}(\alpha)$ d'après la durée de trajet déduite du vélocimètre, soit encore, et à défaut des deux éléments précédents, la valeur de $Q(\alpha)$ d'après le Tableau ci-dessus et le tracé du canon.

Relever ensuite, dans les Tables de recherches qui suivent, quel est l'exposant β qui donne, en regard de la valeur de α calculée, la valeur de $P(\alpha)$, $\mathfrak{E}(\alpha)$ ou $Q(\alpha)$ la plus voisine de la valeur

(1) Voir *Balistique des nouvelles poudres*, p. 18, 80 et suiv.; Gauthier-Villars (*Encyclopédie* Léauté).

obtenue. C'est cet exposant β et les Tables correspondantes qui seront utilisées dans toutes les recherches pratiques ultérieures. Les Tables ont été calculées avec des valeurs de β croissant par intervalles de $\frac{1}{2}$, ce qui a semblé suffisant. Si l'on voulait une approximation supérieure (ce qui semble bien inutile), on pourrait déterminer β par interpolation et calculer les diverses fonctions balistiques à l'aide du formulaire joint à la présente Note.

On voit que les méthodes déjà développées dans l'hypothèse de $\beta = 1$, et qui ne comportent que les fonctions de α déjà définies, continuent à s'appliquer : il suffit, dans les substitutions numériques, de faire usage des fonctions balistiques correspondant à l'exposant de lenteur déterminé comme il a été dit. Toutefois, lorsque α est inférieur à 1,5, la détermination de β à l'aide de la fonction $Q(\alpha)$ ne doit être prise que sous réserves, parce qu'il n'est pas certain que dans ce cas la combustion de la poudre soit complète : il en résulterait, en général, une valeur trop forte pour β.

Il en est de même de l'emploi de la formule empirique $(\alpha - 1)\beta = 2$, donnée avec la Table de recherches.

Une remarque essentielle à faire, c'est que le système de formules qui vient d'être exposé, et qui a pour base l'expression des divers éléments en fonction de α, est indépendant de la forme de la fonction $P(z)$. On peut concevoir qu'il soit fait usage d'une fonction autre que la fonction φ, que l'on désignera d'une manière générale par la formule

$$P(z) = f(\beta, z),$$

et toutes les déductions précédentes continueront à exister, toutes les applications à se faire, pourvu que l'on puisse évaluer analytiquement ou graphiquement les intégrales $V(z)$ et $U(z)$, β étant toujours une constante à déterminer d'après les conditions du tir.

FORMULAIRE.

I. — Rappel des formules pratiques ci-dessus.

(1) $$P = P_1 P(z),$$

(1 *bis*) $$P(z) = \varphi^{\beta}(z), \qquad \varphi(z) = z e^{1-z},$$

(5) $$P_m = \left(m + \frac{\mu}{2}\right) U'^2 : 2\omega U,$$

(6) $$\alpha = \frac{P_1}{P_m} = 2\omega P_1 U : \left(m + \frac{\mu}{2}\right) U'^2,$$

(7) $$\theta = \frac{U}{U'}\Theta(\alpha),$$

(8) $$u_1 = U\Phi(\alpha), \qquad u_1' = U'W(\alpha),$$

(9) $$\begin{cases} u = U\dfrac{U(z)}{U(Z)}, \qquad u' = U'\dfrac{V(z)}{V(Z)}, \\ t = \theta z, \qquad T = \dfrac{U}{U'}\mathfrak{T}(\alpha), \\ P = P_1 P(z). \end{cases}$$

II. — Expression algébrique des fonctions employées (1).

$$z = \frac{t}{\theta}, \qquad x = \beta z.$$

1° *Cas où* β *est entier.*

$$V(z) = \frac{e^{\beta}}{\beta^{\beta+1}}\{\beta! - [x^{\beta} + \beta x^{\beta-1} + \beta(\beta-1)x^{\beta-2} + \beta(\beta-1)(\beta-2)x^{\beta-3} + \dots]e^{-x}\},$$

$$U(z) = \frac{e^{\beta}}{\beta^{\beta+2}}\{(x-\beta-1)\beta! + [x^{\beta} + 2\beta x^{\beta-1} + 3\beta(\beta-1)x^{\beta-2} + 4\beta(\beta-1)(\beta-2)x^{\beta-3} + \dots]e^{-x}\}.$$

2° *Cas où* β *est de la forme* $\frac{2n+1}{2}$.

Soit

$$\Pi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^x e^{-x^2}\,dx.$$

---

(1) Pour la démonstration de ces formules, *voir* plus loin, p. 142 .

et

$$V(z)=\frac{e^{\beta}}{\beta^{\beta+1}}\Gamma(\beta+1)\left\{\Pi(\sqrt{x})-\left[\frac{x^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)}+\frac{x^{\beta-1}}{\Gamma(\beta)}+\frac{x^{\beta-2}}{\Gamma(\beta-1)}+\ldots+\frac{x^{\frac{1}{2}}}{\Gamma\left(\frac{3}{2}\right)}\right]e^{-x}\right\},$$

$$U(z)=\frac{e^{\beta}}{\beta^{\beta+2}}\Gamma(\beta+1)\left\{(x-\beta-1)\Pi\sqrt{x}\right.$$

$$\left.+\left[\frac{x^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)}+\frac{2x^{\beta-1}}{\Gamma(\beta)}+\frac{3x^{\beta-2}}{\Gamma(\beta-1)}+\ldots+\frac{\beta-\frac{1}{2}}{\Gamma\left(\frac{5}{2}\right)}x^{\frac{3}{2}}+\frac{2(\beta+1)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}x^{\frac{1}{2}}\right]e^{-x}\right.$$

3° *Cas où* β *est quelconque.*

$$V(z)=e^{\beta-x}z^{\beta+1}\Gamma(\beta+1)\left[\frac{1}{\Gamma(\beta+2)}+\frac{x}{\Gamma(\beta+3)}+\frac{x^2}{\Gamma(\beta+4)}+\ldots\right],$$

$$U(z)=e^{\beta-x}z^{\beta+2}\Gamma(\beta+1)\left[\frac{1}{\Gamma(\beta+3)}+\frac{2x}{\Gamma(\beta+4)}+\frac{3x^2}{\Gamma(\beta+5)}+\frac{4x^3}{\Gamma(\beta+6)}+\ldots\right].$$

I. — Tables de recherche de l'exposant β.

Les indices 1, 2, 3, 4 *correspondent aux exposants de lenteur* 1, 2, 3, 4.

Sous réserve des vérifications expérimentales, on peut admettre que l'exposant 1 *correspond aux poudres noires, l'exposant* 2 *aux poudres sans fumée vives, l'exposant* 3 *aux poudres sans fumée moyennes, l'exposant* 4 *aux poudres sans fumée lentes, ou, mieux encore, admettre entre* α *et* β *la relation* $(\alpha-1)\beta=2$.

Z.	P_1.	P_2.	P_3.	P_4.	α_1.	α_2.	α_3.	α_4.	Q_1.	Q_2.	Q_3.	Q_4.
1,0	1	1	1	1	1,094	1,145	1,152	1,164	1,094	1,145	1,152	1,164
1,5	0,910	0,828	0,753	0,685	1,057	1,092	1,227	1,160	0,962	0,906	0,849	0,795
2,0	0,734	0,541	0,398	0,293	1,129	1,257	1,395	1,523	0,829	0,680	0,554	0,446
2,5	0,558	0,311	0,174	0,097	1,259	1,534	1,815	2,091	0,703	0,490	0,315	0,197
3,0	0,406	0,165	0,069	0,027	1,433	1,897	2,354	2,781	0,582	0,313	0,157	0,076
3,5	0,287	0,083	0,024	»	1,641	3,322	2,957	»	0,471	0,193	0,070	»
4,0	0,198	0,040	0,002	»	1,881	2,792	3,60	»	0,372	0,118	0,007	»
4,5	0,136	0,018	»	»	2,145	3,293	»	»	0,270	0,059	»	»
5,0	0,092	0,008	»	»	2,433	3,812	»	»	0,223	0,030	»	»
5,5	0,060	»	»	»	2,75	»	»	»	0,165	»	»	»
6,0	0,015	»	»	»	3,061	»	»	»	0,046	»	»	»

Pour chaque exposant β le minimum de α a lieu pour la valeur de Z qui rend $Q(\alpha)$ égal à l'unité.

Z.	V_1.	V_2.	V_3.	V_4.	U_1.	U_2.	U_3.	U_4.
1,0	0,718	0,597	0,525	0,475	0,282	0,202	0,159	0,131
1,5	1,200	1,066	0,979	0,915	0,764	0,619	0,540	0,486
2,0	1,614	1,408	1,264	1,152	1,472	1,245	1,110	1,010
2,5	1,938	1,616	1,402	1,243	2,363	2,007	1,777	1,613
3,0	2,178	1,733	1,457	1,270	3,395	2,848	2,500	2,243
3,5	2,349	1,792	1,477	»	4,529	3,750	3,227	»
4,0	2,468	1,822	1,490	»	5,736	4,635	3,980	»
4,5	2,553	1,836	»	»	6,990	5,550	»	»
5,0	2,610	1,842	»	»	8,284	6,470	»	»
5,5	2,645	»	»	»	9,598	»	»	»
6,0	3,672	»	»	»	10,927	»	»	»

II. — Tables numériques des fonctions balistiques avec l'argument α.

1° $\beta = 1$ (*Poudres noires*).

(α).	Z.	P(α).	Θ(α).	Φ(α)..	W(α).	ϖ(α).	Q(α).
1,3	2,63	0,515	0,766	0,108	0,357	2,02	»
1,4	2,92	0,427	0,667	0,087	0,333	1,95	»
1,5	3,18	0,360	0,593	0,074	0,319	1,89	0,54
1,6	3,40	0,308	0,540	0,065	0,311	1,83	0,49
1,7	3,62	0,264	0,497	0,058	0,303	1,80	0,45
1,8	3,83	0,227	0,460	0,053	0,296	1,76	0,41
1,9	4,03	0,195	0,427	0,048	0,290	1,72	0,37
2,0	4,23	0,168	0,398	0,044	0,285	1,69	0,34
2,1	4,42	0,145	0,374	0,041	0,281	1,65	0,31
2,2	4,60	0,126	0,353	0,039	0,278	1,62	0,28
2,3	4,78	0,109	0,335	0,037	0,276	1,60	0,25
2,4	4,95	0,095	0,319	0,035	0,275	1,58	0,23
2,5	5,11	0,084	0,306	0,033	0,274	1,56	0,21
2,6	5,27	0,074	2,293	0,031	0,273	1,54	»
2,7	5,43	0,065	0,281	0,030	0,272	1,52	»
2,8	5,59	0,057	0,270	0,029	0,271	1,51	»
2,9	5,75	0,050	0,259	0,027	0,270	1,49	»
3,0	5,90	0,044	0,250	0,026	0,269	1,48	»

2° $\beta = 1.5$.

(α).	Z.	P(α).	θ(α).	Φ(α).	W(α).	ℭ(α).	Q(α).
1,3	2,30	0,505	0,95	0,131	0,394	2,11	0,68
1,4	2,48	0,417	0,81	0,107	0,370	2,03	0,58
1,5	2,69	0,335	0,73	0,093	0,354	1,96	0,52
1,6	2,87	0,295	0,66	0,082	0,342	$1,90_5$	0,47
1,7	3,03	0,250	0,61	0,074	0,334	$1,85_5$	0,42
1,8	3,20	0,212	0,57	0,067	0,329	1,81	0,38
1,9	3,33	0,182	0,53	0,062	0,325	1,77	0,35
2,0	3,47	0,158	0,50	0,058	0,323	$1,73_5$	0,32
2,1	3,60	0,132	0,47	0,055	0,321	1,71	0,29
2,2	3,74	0,116	0,45	0,052	0,318	1,68	$0,26_5$
2,3	3,89	0,105	0,42	0,049	0,316	1,66	0,23
2,4	4,03	0,089	0,40	0,046	0,313	1,63	0,21
2,5	4,16	0,070	0,39	0,043	0,310	1,60	»
2,6	4,29	0,063	0,37	0,040	0,309	1,58	»
2,7	4,42	0,055	0,35	0,038	0,308	1,56	»
2,8	4,55	0,047	0,34	0,036	0,307	1,54	»
2,9	4,68	0,041	0,33	0,035	0,307	1,52	»
3,0	4,80	0,035	0,32	0,034	0,306	1,50	»

3° $\beta = 2$ (*Poudres sans fumée vives*).

(α).	Z.	P(α).	θ(α).	Φ(α).	W(α).	ℭ(α).	Q(α).
1,3	2,09	0,494	1,06	0,148	0,415	2,21	0,65
1,4	2,28	0,402	0,93	0,124	0,390	2,12	0,56
1,5	2,45	0,330	0,83	0,102	0,374	2,04	0,50
1,6	2,61	0,272	0,75	0,092	0,364	1,97	0,44
1,7	2,75	0,228	0,69	0,084	0,355	1,91	0,39
1,8	2,88	0,193	9,65	0,077	0,349	1,86	0,35
1,9	3,00	0,165	0,61	0,071	0,344	1,83	0,31
2,0	3,13	0,139	0,57	0,066	0,340	1,79	0,28
2,1	3,25	0,117	0,54	0,061	0,338	1,75	0,25
2,2	3,36	0,100	0,52	0,058	0,335	1,71	0,22
2,3	3,46	0,087	0,49	0,055	0,333	1,68	0,20
2,4	3,57	0,075	0,46	0,052	0,332	1,65	0,18
2,5	3,68	0,064	0,44	0,049	0,330	1,62	0,16

Les fonctions pour $\beta = 2$ sont celles qui se présentent le plus couramment dans le cas de poudre sans fumée relativement vive.

4° $\beta = 2,5$.

(α).	Z.	$P(\alpha)$.	$\theta(\alpha)$.	$\Phi(\alpha)$.	$W(\alpha)$	$\mathfrak{T}(\alpha)$.	$Q(\alpha)$.
1,3	1,94	0,490	1,18	0,160	0,427	2,30	0,64
1,4	2,13	0,399	1,04	0,132	0,406	2,19	0,55
1,5	2,27	0,325	0,94	0,115	0,391	2,10	0,49
1,6	2,40	0,270	0,85	0,101	0,380	2,04	0,43
1,7	2,52	0,225	0,79	0,092	0,372	1,97	0,38
1,8	2,65	0,189	0,74	0,084	0,367	1,92	0,33
1,9	2,76	0,158	0,69	0,078	0,362	1,87	0,29
2,0	2,87	0,130	0,65	0,072	0,358	1,83	0,25

5° $\beta = 3$.

(α).	Z.	$P(\alpha)$.	$\theta(\alpha)$.	$\Phi(\alpha)$.	$W(\alpha)$.	$\mathfrak{T}(\alpha)$.	$Q(\alpha)$.
1,3	1,85	0,485	1,27	0,177	0,440	2,39	0,63
1,4	2,01	0,398	1,12	0,144	0,413	2,27	0,54
1,5	2,16	0,325	1,00	0,128	0,396	2,17	0,48
1,6	2,28	0,265	0,91	0,114	0,386	2,09	0,42
1,7	2,39	0,220	0,85	0,101	0,779	2,02	0,36
1,8	2,49	0,180	0,80	0,090	0,374	1,97	0,32
1,9	2,59	0,150	0,75	0,083	0,369	1,92	0,28
2,0	2,69	0,125	0,70	0,077	0,366	1,88	0,24

6° $\beta = 4$.

(α).	Z.	$P(\alpha)$.	$\theta(\alpha)$.	$\Phi(\alpha)$.	$W(\alpha)$.	$\mathfrak{T}(\alpha)$.	$Q(\alpha)$.
1,3	1,72	0,480	1,48	0,185	0,453	2,54	0,62
1,4	1,85	0,385	1,30	0,155	0,429	2,43	0,53
1,5	1,98	0,308	1,17	0,134	0,413	2,31	0,46
1,6	2,07	0,251	1,07	$0,118_5$	0,404	2,21	0,40
1,7	2,17	0,205	0,98	0,107	0,397	2,13	0,35
1,8	2,26	0,168	0,91	0,099	0,392	2,07	0,30
1,9	$2,34_4$	0,140	0,85	0,091	0,387	2,02	0,26
2,0	$2,42_5$	0,117	0,80	0,085	0,383	1,97	0,22

7° $\beta = 5$.

(α).	Z.	$P(\alpha)$.	$\theta(\alpha)$.	$\Phi(\alpha)$.	$W(\alpha)$.	$\mathfrak{T}(\alpha)$.	$Q(\alpha)$
1,3	1,65	0,481	1,66	0,197	0,465	2,90	0,61
1,4	1,76	0,380	1,44	0,165	0,441	2,70	0,52
1,5	1,86	0,300	1,30	0,143	0,426	2,56	0,45
1,6	1,95	0,240	1,19	0,127	0,416	2,44	0,40
1,7	2,03	0,197	1,10	0,115	0,409	2,33	0,35
1,8	2,11	0,162	1,02	0,105	0,404	2,24	0,30
1,9	2,20	0,130	0,96	0,097	0,400	2,17	0,26

III. — Tables numériques des fonctions balistiques avec l'argument z.

Ces Tables ont pour but de permettre le tracé des courbes en fonction du temps ou en fonction des espaces. Dans le premier cas, on les obtient directement en tenant compte de la relation $t = z\theta$; dans le deuxième cas, il faut utiliser z comme variable auxiliaire en se reportant aux relations (9) données plus haut et aux deux formules

$$\frac{dP}{du} = \frac{1}{\theta u'}\frac{dP}{dz},$$

$$\frac{dV}{du} = \frac{1}{\theta u'}\frac{dV}{dz}.$$

1° $\beta = 1$ (*Poudres noires*).

z.	$P(z)$.	$V(z)$.	$U(z)$.	z.	$P(z)$.	$V(z)$.	$U(z)$.
1,0	1,000	0,718	0,282	4,0	0,198	2,468	5,736
1,5	0,910	1,200	0,764	4,5	0,136	2,553	6,990
2,0	0,734	1,614	1,474	5,0	0,092	2,610	8,284
2,5	0,558	1,938	2,363	5,5	0,061	2,645	9,598
3,0	0,406	2,178	3,395	6,0	0,015	2,672	10,927
3,5	0,287	2,349	4,529				

2° $\beta = 2$ (*Poudres sans fumée vives*).

z.	$P(z)$.	$V(z)$.	$U(z)$.	z.	$P(z)$.	$V(z)$.	$U(z)$.
1,0	1,000	0,597	0,202	2,8	0,214	1,694	2,510
1,1	0,990	0,697	0,267	2,9	0,188	1,715	2,672
1,2	0,964	0,795	0,342	3,0	0,165	1,734	2,853
1,3	0,927	0,890	0,435	3,1	0,144	1,749	3,023
1,4	0,880	0,979	0,519	3,2	0,125	1,762	3,210
1,5	0,828	1,066	0,619	3,3	0,109	1,773	3,384
1,6	0,771	1,147	0,739	3,4	0,094	1,783	3,573
1,7	0,712	1,220	0,848	3,5	0,083	1,792	3,749
1,8	0,654	1,289	0,983	3,6	0,072	1,800	3,930
1,9	0,597	1,351	1,105	3,7	0,063	1,807	4,110
2,0	0,541	1,408	1,253	3,8	0,053	1,813	4,292
2,1	0,489	1,459	1,386	3,9	0,046	1,818	4,474
2,2	0,441	1,505	1,544	4,0	0,039	1,822	4,656
2,3	0,394	1,547	1,687	4,25	0,027	1,830	5,112
2,4	0,350	1,583	1,853	4,50	0,018	1,836	5,570
2,5	0,311	1,617	2,004	4,75	0,012	1,840	6,030
2,6	0,276	1,645	2,176	5,00	0,008	1,842	6,490
2,7	0,244	1,672	2,333				

3° $\beta = 3$ et $\beta = 4$ (*Poudres sans fumée lentes*).

z.	$\beta = 3$.			$\beta = 4$.		
	$P(z)$.	$V(z)$.	$U(z)$.	$P(z)$.	$V(z)$.	$U(z)$.
1,0	1,000	0,525	0,159	1,000	0,475	0,131
1,1	0,985	0,625	0,217	0,980	0,574	0,183
1,2	0,947	0,722	0,284	0,929	0,670	0,245
1,3	0,893	0,814	0,361	0,859	0,760	0,318
1,4	0,825	0,900	0,447	0,774	0,841	0,398
1,5	0,754	0,979	0,540	0,685	0,915	0,486
1,6	0,677	1,051	0,642	0,594	0,979	0,580
1,7	0,601	1,115	0,750	0,507	1,034	0,680
1,8	0,529	1,171	0,864	0,428	1,080	0,786
1,9	0,462	1,220	0,985	0,356	1,119	0,896
2,0	0,398	1,264	1,110	0,293	1,159	1,010
2,1	0,342	1,301	1,238	0,239	1,178	1,126
2,2	0,293	1,333	1,369	0,194	1,199	1,245
2,3	0,246	1,360	1,503	0,155	1,216	1,366
2,4	0,207	1,383	1,639	0,122	1,230	1,482
2,5	0,174	1,402	1,777	0,097	1,243	1,613
2,6	0,146	1,418	1,918	0,076	1,251	1,738
2,7	0,122	1,431	2,062	0,060	1,257	1,864
2,8	0,101	1,442	2,207	0,046	1,262	1,990
2,9	0,083	1,451	2,353	0,035	1,266	2,116
3,0	0,069	1,457	2,500	0,027	1,270	2,243

NOTE ANNEXE

SUR LES FONCTIONS BALISTIQUES EMPLOYÉES DANS LA NOTE PRÉCÉDENTE.

Ces fonctions ne sont autres que des intégrales eulériennes incomplètes de deuxième espèce, et les intégrales indéfinies desdites fonctions. On appelle effectivement *intégrale eulérienne incomplète de deuxième espèce* la fonction

$$\gamma(n, x) = \int_0^x x^{n-1} e^{-x}\, dx,$$

qui, pour x infini, se confond avec l'intégrale complète

$$\Gamma(n) = \int_0^\infty x^{n-1} e^{-x}\, dx.$$

On désignera par la notation $u(n, x)$, et l'on étudiera parallèlement la fonction

$$u(n, x) = \int_0^x \gamma(n, x)\, dx.$$

On distinguera trois cas dans cette étude : celui où n est entier; celui où n est égal à un entier augmenté de $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire de la forme $\frac{2k+1}{2}$, k étant entier, et enfin celui où n est quelconque.

I. *Cas de n entier.* — L'intégration par parties donne immédiatement

$$\gamma(n+1, x) = n\gamma(n, x) - x^n e^{-x},$$

d'où, par substitutions successives,

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned}\gamma(n+1, x) = n! - [&x^n + nx^{n-1} + n(n-1)x^{n-2} + \dots \\ &+ n(n-1)\dots 2x + n!]e^{-x}.\end{aligned}\right.$$

En intégrant à son tour cette expression de o à x, on écrira

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned}u(n+1, x) = n!x - [&\gamma(n+1, x) + n\gamma(n, x) \\ &+ n(n-1)\gamma(n-1, x) + \dots]e^{-x},\end{aligned}\right.$$

et, remplaçant dans cette relation les γ par leurs valeurs, on trouvera sans difficulté

$$(2\ bis)\qquad \left\{\begin{aligned}u(n+1, x) = n!(x-n-1) + [&x^n + 2nx^{n-1} + 3n(n-1)x^{n-2} \\ &+ 4n(n-1)(n-2)x^{n-3} + \dots]e^{-x}.\end{aligned}\right.$$

Les relations (2) ou (2 *bis*) seront utilisées pour le calcul de $u(n+1, x)$, selon que l'on aura ou non calculé les γ au préalable.

II. *Cas où n est quelconque.* —. Dans ce cas, les développements qui précèdent ne sont plus finis et les séries qu'ils forment ne sont plus convergentes; il faut donc recourir à une autre méthode.

Reprenant à cet effet la formule d'intégration par parties, on écrira

$$\gamma(n, x) = \frac{1}{n}[\gamma(n-1, x) + x^n e^{-x}],$$

et, par substitutions successives à n des valeurs $n+1$, $n+2$, etc , on obtiendra

$$\gamma(n+1, x) = \left[\frac{x^{n+1}}{n+1} + \frac{x^{n+2}}{(n+1)(n+2)} + \frac{x^{n+3}}{(n+1)(n+2)(n+3)} + \dots\right] e^{-x},$$

ou encore

$$(3)\quad \begin{cases} \gamma(n+1, x) \\ \qquad = \Gamma(n+1)\left[\dfrac{x^{n+1}}{\Gamma(n+2)} + \dfrac{x^{n+2}}{\Gamma(n+3)} + \dfrac{x^{n+3}}{\Gamma(n+4)} + \dots\right] e^{-x}. \end{cases}$$

De même que précédemment, on en déduira $u(n+1, x)$ sous la forme

$$(4)\quad u(n+1, x) = \Gamma(n+1)\left[\frac{\gamma(n+2, x)}{\Gamma(n+2)} + \frac{\gamma(n+3, x)}{\Gamma(n+3)} + \dots\right] e^{-x},$$

ou, en remplaçant les γ par leurs valeurs

$$(4\ bis)\quad \begin{cases} u(n+1, x) = \Gamma(n+1)\left[\dfrac{x^{n+2}}{\Gamma(n+3)} + \dfrac{2x^{n+3}}{\Gamma(n+4)} + \dots \right. \\ \qquad\qquad \left. + \dfrac{(p-1)x^{n+p}}{\Gamma(n+p+1)} + \dots\right] e^{-x}, \end{cases}$$

et l'on vérifie aisément que ces développements sont convergents.

On peut encore obtenir une autre expression en procédant comme il suit :

En reprenant la série d'intégrations par parties suivant les valeurs décroissantes de n, on voit que l'on a

$$\gamma(n+1, x) = -x^n e^{-x} + n\gamma(n, x)$$

ou

$$\gamma(n+1, x) = -(x^n + nx^{n-1})e^{-x} + n(n-1)\gamma(n-1, x)$$

ou, plus généralement,

$$\begin{aligned} \gamma(n+1, x) = -[&x^n + nx^{n-1} + n(n-1)x^{n-2} + \dots \\ &+ n(n-1)\dots(n-k+1)x^{n-k}]e^{-x} \\ &+ n(n-1)\dots(n-k)\gamma(n-k, x). \end{aligned}$$

Soit maintenant k le plus grand entier compris dans n, de telle sorte que l'on ait $n-k=\varepsilon=\frac{1}{\lambda}$; le dernier terme de la valeur de $\gamma(n+1,x)$ devient

$$n(n-1)\dots(n-k)\int_0^x x^{\varepsilon-1}e^{-x}\,dx,$$

ou, en posant $x=y^\lambda$,

$$n(n-1)\dots(n-k)\int_0^y \lambda e^{-y^\lambda}\,dy,$$

d'où enfin

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned}\gamma(n+1,x)=&-[x^n+nx^{n-1}+\dots\\&+n(n-1)\dots(n-k+1)x^{n-k}]e^{-x}\\&+n(n-1)\dots(n-k)\int_0^{x^\varepsilon}\lambda e^{-x^\lambda}\,dx.\end{aligned}\right.$$

Quant à l'expression de $u(n+1,x)$, on l'obtiendra d'une manière analogue en écrivant

$$(6)\quad \left\{\begin{aligned}u(n+1,x)=&-e^{-x}[\gamma(n+1,x)+n\gamma(n,x)+\dots\\&+n(n-1)\dots(n-k+1)\gamma(n-k+1,x)]\\&+n(n-1)\dots(n-k)\int_0^x dx\int_0^{x^\varepsilon}\lambda e^{-x^\lambda}\,dx.\end{aligned}\right.$$

Pour évaluer les derniers termes, reprenant la notation $x=y^\lambda$, on aura sous les signes $\int$

$$\int_0^y \lambda y^{\lambda-1}\,dy\int_0^y \lambda e^{-y^\lambda}\,dy,$$

ou, en intégrant par parties,

$$y^\lambda\int_0^y \lambda e^{-y^\lambda}\,dy-\int_0^y \lambda y^\lambda e^{-y^\lambda}\,dy=\left(y^\lambda-\frac{1}{\lambda}\right)\int_0^y \lambda e^{-y^\lambda}\,dy+ye^{-y^\lambda},$$

et, en remplaçant dans l'équation (6) chacun des termes γ par sa valeur déduite de l'équation (5)

$$(6\,bis)\quad \left\{\begin{aligned}u(n+1,x)=e^{-x}&[x^n+2nx^{n-1}+3n(n-1)x^{n-2}+\dots\\&+(k+1)n(n-1)\dots(n-k+1)x^{n-k}]\\&+n(n-1)\dots(n-k)\left[\lambda\left(y^\lambda-\frac{1}{\lambda}-k-1\right)\int_0^y e^{-y^\lambda}dy+ye^{-y^\lambda}\right].\end{aligned}\right.$$

Sous cette nouvelle forme, on voit que les deux fonctions peuvent se cal-

culer à l'aide d'un nombre limité de termes, si l'on dispose de Tables de la transcendante $\int_0^y e^{-y^\lambda}\,dy$.

Ce cas se présente pour la valeur $\lambda = 2$, c'est-à-dire lorsque n est de la forme $k + \frac{1}{2}$.

III. *Cas où n est de la forme* $k + \frac{1}{2}$. — Lorsque n est de la forme $k + \frac{1}{2}$, l'intégrale $\int_0^y e^{-y^\lambda}\,dy$ n'est autre que la fonction employée dans le calcul des probabilités, et l'on a dressé les Tables de

$$\Pi(y) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^y e^{-y^2}\,dy.$$

En introduisant cette notation dans les formules de $\gamma(n+1, x)$ et de $u(n+1, x)$ données plus haut, on écrira

$$(7)\quad \begin{cases} \gamma(n+1,x) = n(n-1)(n-2)\dots(n-k\sqrt{\pi}\,\Pi(\sqrt{x}) \\ \qquad\qquad - e^{-x}[x^n + nx^{n-1} + n(n-1)x^{n-2} + \dots \\ \qquad\qquad\qquad + n(n-1)\dots(n-k+1)x^{n-k}], \end{cases}$$

ou encore, pour n'avoir que des puissances entières de x entre crochets,

$$(7\,bis)\quad \begin{cases} \gamma(n+1,x) = \Gamma(n+1)\Pi(\sqrt{x}) \\ \qquad\qquad - x^{\frac{1}{2}}e^{-x}[x^k + nx^{k-1} + n(n-1)x^{k-2} + \dots \\ \qquad\qquad\qquad + n(n-1)(n-k+1)], \end{cases}$$

et de même

$$(8)\quad \begin{cases} u(n+1,x) = (x-n-1)\Gamma(n+1)\Pi(\sqrt{x}) \\ \qquad\qquad - x^{\frac{1}{2}}e^{-x}[x^k + 2nx^{k-1} + 3n(n-1)x^{k-2} + \dots \\ \qquad\qquad\qquad + kn(n-1)\dots(n-k+1)x \\ \qquad\qquad\qquad + 2(n+1)n(n-1)\dots(n-k)]. \end{cases}$$

On remarquera que, dans cette valeur de $u(n+1, x)$, le dernier terme de la parenthèse, lequel est indépendant de x, ne comporte pas la même formation que les précédents. Cela tient à ce qu'il provient de l'adjonction, au terme de formation normale, d'un terme provenant de l'intégration de la transcendante Π, comme il est exposé en détail plus haut. On peut du reste écrire la série de termes entre crochets sous la forme

$$[x^k + 2nx^{k-1} + 3n(n-1)x^{k-2} + \dots \\ + (k+1)n(n-1)\dots(n-k)x^{k-k} + (k+2)n(n-1)\dots(n-k)],$$

où le terme complémentaire est mis en évidence.

Pour repasser de ces fonctions aux fonctions balistiques $V(z)$ et $U(z)$, il suffit d'écrire $P(z)$ sous la forme

$$P(z) = e^{\beta} z^{\beta} e^{-\beta z},$$

et l'on voit que les fonctions V et U ne sont autres, au facteur $\left(\frac{e}{\beta}\right)^{\beta}$ près, que les transcendantes $\gamma(n, x)$ et $u(n, x)$, à la condition de poser

$$n = \beta + 1,$$
$$x = \beta z.$$

DEUXIÈME NOTE

SUR LA

PRODUCTION DES NITRONAPHTALINES[1]

PAR

M. G. PATART,

Ingénieur des poudres et salpêtres.

Dans une première Note (du 15 janvier 1898) nous avons étudié l'action des mélanges sulfonitriques sur la naphtaline; primitivement nous nous étions proposé de continuer cette étude par celle de l'action des mêmes mélanges acides sur la naphtaline mononitrée : mais quelques essais préliminaires ont donné à penser qu'il y avait peu d'intérêt à refaire sur ce nouveau corps la même longue série d'expériences que sur la naphtaline, les résultats qu'on obtient paraissant différer très peu de ceux précédemment obtenus. On a donc laissé de côté la mononitronaphtaline pour passer immédiatement à l'étude de l'action des mélanges sulfonitriques sur la naphtaline dinitrée.

§ II. — Action des mélanges sulfonitriques sur la naphtaline dinitrée.

La méthode suivie est la même que pour les précédents essais; quelques détails d'exécution sont seuls à signaler.

On s'est attaché à n'opérer que sur la matière agglomérée à la presse hydraulique sous une pression de 3000^{kg} par centimètre

(1) Voir *Mém. des Poudr. et Salp.*, t. IX, p. 38.

carré, l'expérience ayant montré que la combustion de la matière pulvérulente est irrégulière et donne des résultats variables. La bombe manométrique employée était la même, mais le piston écraseur avait été changé et sa section réduite de 1^{cq} à $0^{cq},5$, de façon à réduire de moitié l'écrasement des cylindres crushers.

La naphtaline dinitrée a été prélevée sur les produits de fabrication courante à la poudrerie d'Esquerdes; elle a donné à l'épreuve de la bombe les résultats suivants :

	Matière comprimée.	Matière pulvérulente.
Premier échantillon.....	2460	2198
Deuxième échantillon.....	2212	2488
Moyenne.....	2336	2343

Nous avons vu précédemment (*Mémorial des Poudres et Salpêtres,* t. IX, p. 41) que la pression de la dinitronaphtaline théorique serait de 2296^{kg} par centimètre carré.

Comme dans la première série d'expériences, on a fait varier méthodiquement :

1° La composition du mélange, c'est-à-dire les proportions des composants (SO^4H^2, AzO^3H, H^2O).

2° Le rapport existant entre le poids de matière à nitrifier (dinitronaphtaline) et celui du mélange nitrifiant. On a pu faire varier ce dernier élément dans des limites beaucoup plus larges, car, la quantité d'azote à fixer étant moindre que dans les premiers essais, la production d'eau et l'absorption d'acide nitrique au cours de l'opération diminuent proportionnellement.

3° Quant à la température, on l'a maintenue uniformément à 115° C. pendant une heure. On a fait néanmoins quelques essais à froid dont les résultats sont susceptibles de quelques applications. Ils ne sont pas compris dans le Tableau; on en dira néanmoins quelques mots.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus par un chauffage d'une heure à 115° C.

TABLEAU V.

Action des mélanges sulfonitriques sur la dinitronaphtaline.
Chauffage d'une heure à 115° C.

NUMÉROS D'ORDRE.	COMPOSITION centésimale.			PROPORTIONS employées.			PRESSION OBTENUE.					
							Poids de dinitronaphtaline trempée dans 300gr du mélange acide.					
	SO^4H^2 pour cent.	AzO^3H pour cent.	H^2O pour cent.	Poids d'acide sulfurique à 65°,5.	Acide nitrique. Poids.	Degré.	10gr.	20gr.	40gr.	60gr.	80gr.	100gr.
				gr	gr	o						
1	0,00	99,67	0,33	0,00	300,00	49,5	3668	**3710**	3500	**3758**	//	//
2	id.	94,60	5,40	id.	id.	48,2	3582	3604	3406	3494	3314	3188
3	id.	87,00	13,00	id.	id.	47,0	3604	3506	3006	//	//	//
4	id.	82,40	17,60	id.	id.	46,0	3020	3006	3068	//	//	//
5	id.	78,16	21,84	id.	id.	45,0	3372	3372	2956	//	//	//
6	id.	74,25	25,75	id.	id.	44,0	2312	2612	2620	//	//	//
7	15,33	83,06	1,61	50,00	250,00	49,5	**4178**	3560	**3791**	3646	3338	3382
8	id.	78,83	5,84	id.	id.	48,2	3560	3624	3494	3372	3494	3460
9	id.	72,50	12,17	id.	id.	47,0	3604	3528	3006	//	//	//
10	id.	68,66	16,01	id.	id.	46,0	3472	3176	3234	//	//	//
11	id.	65,13	19,54	id.	id.	45,0	3604	3604	3528	//	//	//
12	id.	61,88	22,79	id.	id.	44,0	2762	2316	2640	//	//	//
13	30,66	66,45	2,89	100,00	200,00	49,5	**4324**	**3864**	**3876**	3668	3116	//
14	id.	63,07	6,27	id.	id.	48,2	**3804**	3646	3506	3506	3382	3614
15	id.	58,00	11,34	id.	id.	47,0	3506	3372	3164	//	//	//
16	id.	54,93	14,41	id.	id.	46,0	**3752**	3604	3636	//	//	//
17	id.	52,11	17,23	id.	id.	45,0	3416	3372	3406	//	//	//
18	id.	49,50	19,84	id.	id.	44,0	3560	3550	3246	//	//	//
19	46,00	49,83	4,17	150,00	150,00	49,5	**3978**	**4198**	**3998**	3678	3506	//
20	id.	47,30	6,70	id.	id.	48,2	**4248**	3614	3698	3506	3560	3582
21	id.	43,50	10,50	id.	id.	47,0	**3854**	3472	**3752**	3528	3582	3428
22	id.	41,20	12,80	id.	id.	46,0	3268	3462	3560	//	//	//
23	id.	39,08	14,92	id.	id.	45,0	3582	3570	3406	//	//	//
24	id.	37,13	16,87	id.	id.	44,0	3710	3302	3348	//	//	//
25	61,33	33,22	5,45	200,00	100,00	49,5	**4228**	**3864**	**3876**	3668	3116	3384
26	id.	31,53	7,14	id.	id.	48,2	**4168**	**3864**	3582	3526	3516	3550
27	id.	29,00	9,67	id.	id.	47,0	**4048**	**3864**	3428	3438	3484	3140
28	id.	27,47	11,20	id.	id.	46,0	**3936**	**3814**	3482	//	//	//
29	id.	26,05	12,62	id.	id.	45,0	**3730**	3516	3394	//	//	//
30	id.	24,92	13,66	id.	id.	44,0	3506	3570	3080	//	//	//
31	76,66	16,61	6,73	250,00	50,00	49,5	**3978**	**4078**	**3730**	3176	//	//
32	id.	15,77	7,57	id.	id.	48,2	**3824**	**3918**	3348	3268	3104	3080
33	id.	14,50	8,84	id.	id.	47,0	**4028**	**3824**	3516	2854	2918	2982
34	id.	13,73	9,61	id.	id.	46,0	**3804**	3560	3450	//	//	//
35	id.	13,03	10,11	id.	id.	45,0	**3864**	3582	3360	//	//	//
36	id.	12,37	10,97	id.	id.	44,0	**4138**	3582	3260	//	//	//

TABLEAU V (*suite*).

Action des mélanges sulfonitriques sur la dinitronaphtaline. Chauffage d'une heure à 115° C.

NUMÉROS D'ORDRE.	COMPOSITION centésimale.			PROPORTIONS employées.			PRESSION OBTENUE.				
							Poids de dinitronaphtaline trempée dans 300gr de mélange acide.				
	SO^4H^2 pour cent.	AzO^6H pour cent.	H^2O pour cent.	Poids d'acide sulfurique à 65°,5.	Acide nitrique. Poids.	Acide nitrique. Degré.	120gr.	140gr.	160gr.	180gr.	200gr.
				gr	gr	°					
20 (suite)..	46,00	47,30	6,70	150,00	150,00	48,2	3326	3416	3302	//	//
21 (suite)..	id.	43,50	10,50	id.	id.	47,0	3394	3268	3234	//	//
26 (suite)..	61,33	31,53	7,14	200,00	100,00	48,2	3380	3406	3188	3104	2994
27 (suite)..	id.	29,00	9,67	id.	id.	47,0	3006	2956	3018	2968	2814

Au moyen de ce Tableau on a dressé, comme pour les premiers essais, deux graphiques (n° 4 et n° 5) qui permettent de limiter des zones comprenant toute une série de mélanges fournissant approximativement le même produit, et parmi lesquels on peut choisir celui qui convient le mieux, suivant les circonstances.

L'examen du Tableau et des graphiques conduit aux observations suivantes :

1° Comme dans la première série d'essais, pour un même taux d'acide nitrique (AzO^3H pour 100) l'énergie de nitrification du mélange croît avec le taux d'acide sulfurique (SO^4H^2 pour 100) et, pour un même taux d'acide sulfurique, elle croît avec le taux d'acide nitrique à mesure que, dans les deux cas, décroît corrélativement la proportion d'eau (H^2O pour 100).

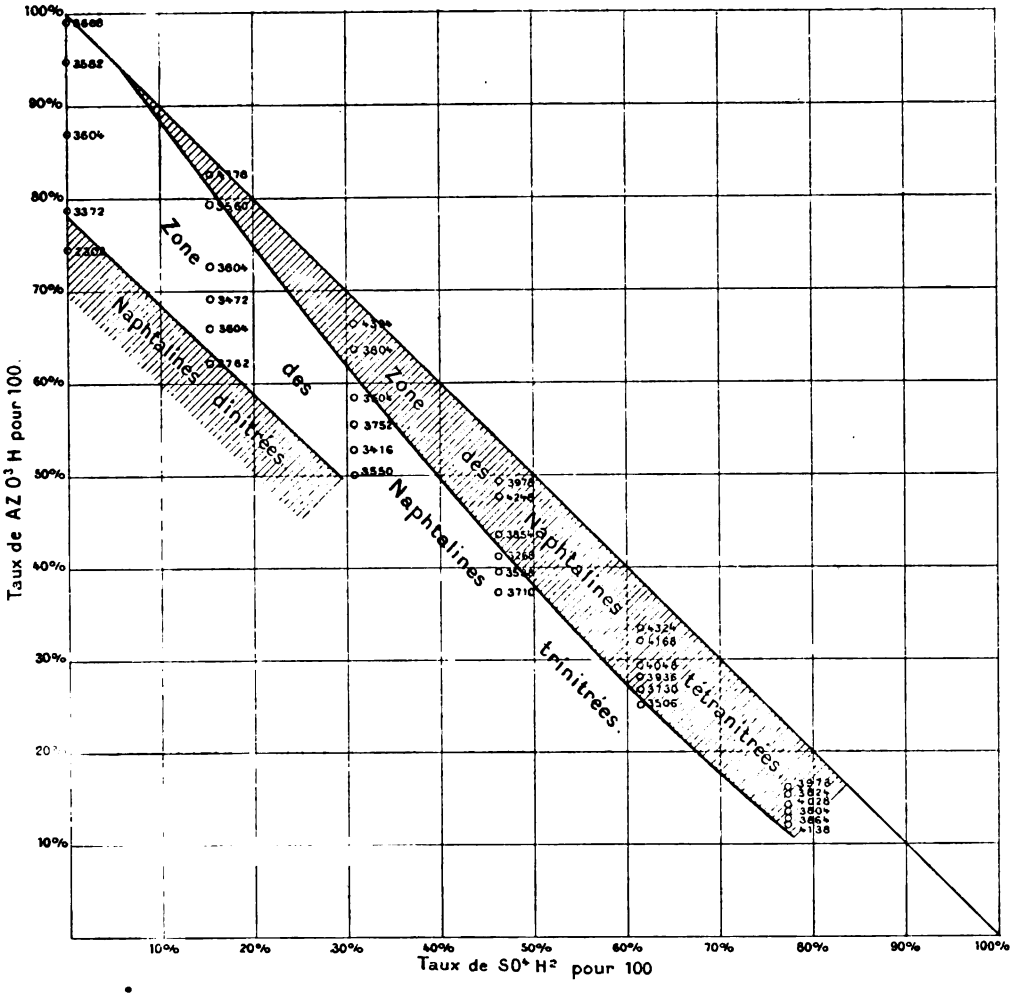
2° Pour un taux donné d'eau (H^2O pour 100) dans le mélange, l'énergie du mélange nitrifiant croît régulièrement à mesure que décroît le taux d'acide nitrique (AzO^3H pour 100) et que croît corrélativement le taux d'acide sulfurique. Ceci n'est vrai évidemment que dans une certaine limite (tant que le taux d'acide sulfurique n'est pas supérieur à 77 pour 100). Il est bien évident, *a priori*, et la forme de la courbe l'indique nettement, qu'au-

dessus d'une certaine limite l'acide sulfurique ne peut tenir lieu de l'agent nitrifiant, qui ne peut tomber au-dessous d'un certain

Graphique n° 4.

ACTION DES MÉLANGES SULFONITRIQUES SUR LA DINITRONAPHTALINE.

Chauffage de 1¼° à 115° C. — 10^{g} de dinitronaphtaline dans 300^{g} d'acide.



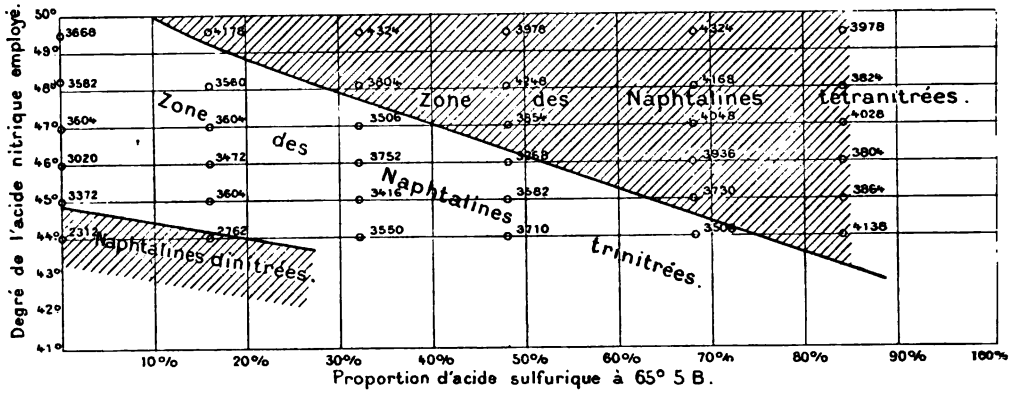
taux. Ce phénomène s'annonce également par la couleur brunâtre des produits obtenus. Il n'en est pas moins vrai qu'il y a là une

différence marquée entre les résultats obtenus dans la nitration

Graphique n° 5.

ACTION DES MÉLANGES SULFONITRIQUES SUR LA DINITRONAPHTALINE.

Chauffage de 14° à 115° C. — 10g de dinitronaphtaline dans 300 parties d'acide.



directe de la naphtaline et dans le traitement du dérivé dinitré.

Production des naphtalines tétranitrées.

Résultats pratiques. — Au point de vue pratique, ces essais conduisent à des conclusions meilleures que celles relatées dans la première Note.

A. *Mélange acide à employer.* — Ils montrent que la production courante des naphtalines tétranitrées est facile industriellement, et l'on peut choisir parmi un grand nombre de mélanges susceptibles de produire ce résultat. A ce sujet, on peut remarquer, en inspectant le Tableau V, qu'il ne serait pas prudent de s'adresser aux mélanges pauvres en acide sulfurique. Ils ont une tendance à donner des résultats irréguliers, comme le montrent les séries d'essais numérotées 19, 20, 21. Il ne faudrait pas non plus s'adresser trop exclusivement aux mélanges pauvres en acide nitrique, malgré la tentation qu'on peut avoir de réduire autant que possible le taux de cet acide, dont le maniement est difficile et le prix quintuple de celui de l'acide sulfurique : les pro-

duits obtenus, comme nous l'avons déjà dit, ont un aspect brunâtre qui dénote un commencement de carbonisation par l'acide sulfurique chaud (réaction utilisée dans l'évaluation du taux d'azote par le procédé Kjeldahl).

A notre avis, le mélange le plus pratique correspondrait à un taux intermédiaire : 70 parties d'acide sulfurique à 65°,5 contre 30 parties d'acide nitrique à 48°,5B. Dans 100 parties de ce mélange acide on tremperait 7 parties de dinitronaphtaline : on obtiendrait ainsi un produit donnant 3800^{kg} à 4000^{kg} de pression à la bombe à la densité 0,3.

B. *Appareil à employer.* — L'appareil où s'opère la nitration peut être avantageusement construit en fonte, de grande capacité, analogue aux cornues dans lesquelles on fabrique l'acide nitrique (voir *Mémorial des Poudres et Salpêtres,* t. VII, p. 124) pouvant contenir facilement 1500^{kg} d'acides et permettant, par suite, le traitement en une seule opération de 100^{kg} de dinitronaphtaline. Le chauffage peut se faire à feu nu, en ayant soin de ne pas dépasser 130°C., ou mieux au moyen d'une double enveloppe où l'on enverrait de la vapeur à 2^{kg} environ. L'appareil devrait être muni d'un agitateur en fonte. La réaction proprement dite durant une heure, on pourrait faire cinq chargements au moins dans une journée de douze heures et traiter, par suite, 500^{kg} de matières. Le produit final est facile à recueillir, car il vient surnager à la surface, par suite de la forte densité du mélange acide.

C. *Prix de revient.* — La forte proportion d'acide à employer relativement au produit fabriqué pourrait faire croire, à première vue, à un prix de revient élevé. En réalité, il n'en est rien. Les vieux acides sont, en effet, susceptibles de remploi, soit, comme dans la fabrication du coton-poudre, pour la production de l'acide nitrique, soit, comme dans la fabrication de la nitroglycérine, par reconcentration, après dénitration, de l'acide sulfurique, soit enfin, et plus pratiquement, pour la fabrication de la dinitronaphtaline. Le taux d'hydratation du mélange (H^2O pour 100) après l'opération est, en effet, compris en général entre 10 et 15 pour 100, et sa composition convient très bien, après addition de 10 pour 100

d'acide nitrique à 40°B., soit à la transformation de la naphtaline mononitrée en produit dinitré par réaction à froid, soit à la transformation de la naphtaline même en dinitronaphtaline par réaction à chaud (voir *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, t. IX, p. 10 et 11).

D. *Applications.* — Entre autres applications, on en peut signaler une intéressante : c'est l'emploi de la tétranitronaphtaline dans la fabrication des explosifs de sûreté. On sait que dans les mines grisouteuses on ne peut employer que des explosifs dont la température de déflagration ne dépasse pas un maximum fixé, par une circulaire du 1er août 1890 du Ministère des Travaux publics, à 1900° pour le travail dans la roche, à 1500° pour le travail dans la couche. Parmi les explosifs satisfaisant à cette condition, il en est toute une série formée de mélanges binaires de naphtalines nitrées et d'azotate d'ammoniaque. Ce sont les explosifs du type Nou explosifs Favier, du nom de leur inventeur.

Le calcul des températures développées par ces mélanges montre qu'elles croissent en raison directe du taux de naphtaline nitrée entrant dans leur composition et en raison inverse du taux de nitration de ce produit. On a donc été conduit, pour le type destiné au travail dans la couche, à employer la trinitronaphtaline au taux maximum de 4,5 pour 100, de sorte que ce mélange contenant 96,5 pour 100 d'azotate d'ammoniaque ne détone que très difficilement (Explosif type N n° 1 *a*).

L'emploi de la tétranitronaphtaline permettrait d'établir un explosif de ce type, d'une température de déflagration égale à 1500°, contenant 6,85 pour 100 de tétranitronaphtaline et 93,15 pour 100 de nitrate d'ammoniaque et, par suite, d'augmenter notablement la sensibilité de l'explosif, sans élever sensiblement le prix de revient.

Une autre application mérite d'être indiquée : ce serait l'emploi de mélanges binaires d'azotate de potasse et de tétranitronaphtaline comme poudres à fusil de chasse ou de guerre, ce qui permettrait d'en augmenter notablement la force en diminuant considérablement la fumée. On obtiendrait ainsi des poudres *à faible fumée* et à bon marché, intermédiaires entre les poudres noires et les

poudres dites *sans fumée*. Un essai semblable, tenté autrefois avec les poudres au picrate d'ammoniaque (poudres Brugère), n'échoua que par suite d'une circonstance spéciale : le picrate d'ammoniaque donnant par double décomposition avec le salpêtre une petite quantité de nitrate d'ammoniaque qui rendait la poudre hygrométrique. Avec la naphtaline tétranitrée, un inconvénient semblable n'est pas à craindre; d'ailleurs, un essai fait autrefois à la poudrerie d'Esquerdes, avec de la naphtaline trinitrée, a donné d'excellents résultats. La composition du mélange qui paraît la plus avantageuse serait de 40 à 50 pour 100 de naphtaline tétranitrée pour 60 à 50 pour 100 de salpêtre.

§ III. — Réactions a froid.

Tous les essais de nitration à chaud, dont on a donné ci-dessus les résultats, s'accompagnent d'un dégagement de vapeurs nitreuses, ce qui, industriellement, est toujours un inconvénient à plusieurs points de vue : nécessité d'appareils de condensation, récupération toujours incomplète, pertes de rendement (le dégagement des vapeurs nitreuses étant produit par la réduction de l'acide nitrique et correspondant à une oxydation du produit organique, c'est-à-dire à une réaction secondaire entraînant généralement une perte de matière). Les réactions à la température ordinaire qui s'effectuent sans dégagement de vapeurs nitreuses sont donc, en principe, préférables. Mais, en général, elles ne nous ont fourni que des produits d'un faible degré de nitration. Les procédés suivants sont pourtant à retenir :

La naphtaline dinitrée (100 parties) plongée pendant quarante-huit heures à la température ordinaire dans un mélange d'acide sulfurique à 65°,5 (400 parties) et d'acide nitrique à 48°B. (200 parties) se transforme en naphtaline trinitrée.

Les acides résiduels de cette réaction peuvent servir à transformer à froid la naphtaline mononitrée en naphtaline dinitrée.

Enfin si, dans les eaux mères de cette dernière réaction, on plonge un mélange en parties égales de naphtaline et de nitrate de soude intimement mélangés, on obtient la naphtaline mononitrée.

Il y a là une série de réactions permettant de préparer à froid

la naphtaline trinitrée, par un procédé préférable, à notre avis, à celui qui est actuellement en service.

DEUXIÈME PARTIE.

Production des naphtalines nitrées au moyen du nitrate de soude.

L'emploi du nitrate de soude a été très soigneusement étudié au moment où ont été arrêtés les procédés actuellement en usage à la poudrerie d'Esquerdes. Les quelques essais que nous avons faits dans ce sens ne nous ont donné aucun résultat intéressant digne d'être mentionné : ils montrent simplement que les proportions adoptées sont bien les plus avantageuses et qu'on ne s'en écarte qu'aux dépens de la qualité et du prix de revient des produits obtenus.

LABORATOIRE CENTRAL DES POUDRES ET SALPÊTRES.

ÉTUDE

SUR

LES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION

PRODUITS PAR LES EXPLOSIFS;

PAR

M. VIEILLE,

Ingénieur en chef des poudres et salpêtres.

PRÉAMBULE.

L'emploi de certaines poudres colloïdales utilisées depuis une quinzaine d'années dans le tir des bouches à feu a mis en évidence des dégradations de l'âme par érosion susceptibles de nuire rapidement à la précision du tir et de mettre les armes hors de service après un nombre de coups très restreint.

Ce défaut appartient spécialement aux poudres à base de nitroglycérine et c'est l'origine de l'exclusion dont elles ont été l'objet dans la plupart des armements européens. Ces poudres présentent toutefois des propriétés balistiques remarquables, de telle sorte que, s'il était possible d'éviter ces érosions par un choix convenable du métal constituant la pièce ou par une modification de la composition de la poudre qui n'en altère pas les qualités balis-

tiques, des solutions avantageuses pourraient être considérées dès aujourd'hui comme acquises.

L'essai direct des métaux ou des poudres par des tirs à outrance effectués sur des armes finies est impraticable parce qu'il conduit, d'une part, à des dépenses excessives et que, de plus, il ne saurait s'étendre à l'étude méthodique des alliages très variés dont l'industrie métallurgique peut fournir, cependant, des échantillons en quantité restreinte; il ne s'applique pas davantage à l'étude méthodique de types de poudres nouvelles qu'il est facile de préparer sous forme d'échantillons dans un laboratoire, mais dont la fabrication industrielle en grand ne saurait être entreprise sans que des essais préliminaires en aient montré les avantages.

La recherche d'une méthode simple d'essai permettant de classer, au point de vue de la facilité d'érosion, les divers métaux ou alliages et au point de vue du pouvoir érosif les diverses poudres, présente donc un intérêt évident.

Des études de cette nature ont été entreprises dans divers pays, notamment en Angleterre chez Armstrong, et la supériorité au point de vue érosif des aciers doux, sur les autres métaux ou alliages, a été en particulier signalée; il a paru néanmoins utile de coordonner ces résultats par des expériences méthodiques : c'est l'objet du présent travail.

CARACTÈRES DES ÉROSIONS BALISTIQUES.

Il convient tout d'abord de préciser la nature du phénomène qu'il s'agit de reproduire.

Les érosions produites sur la surface interne des bouches à feu s'observent soit en coupant l'arme par un plan diamétral, soit au moyen de moulages à la gutta percha ou au plâtre. Ces érosions sont généralement localisées au voisinage de la naissance des rayures et s'étendent aux régions parcourues par le projectile avec une faible vitesse et sous les pressions les plus intenses. Le point de départ de ces érosions paraît être un réseau de fines craquelures qui tapissent la chambre aux environs du tronc de cône de raccordement avec l'âme. La profondeur et la largeur des craquelures parallèles à l'axe du canon vont croissant avec le nombre

des coups et leur réunion forme la nouvelle surface de l'âme sur laquelle émergent un réseau d'îlots en saillie qui constituent comme les témoins de la surface primitive érodée par les gaz.

Les photographies ci-jointes (*fig.* 1 et 2) mettent bien en évidence le double système de lignes craquelées du côté de la chambre et la prédominance des stries parallèles à l'axe du côté des rayures.

L'origine du réseau des craquelures primitives peut être diversement expliquée : il me paraît qu'elle peut être rapprochée de la cémentation superficielle et de la trempe intense que prennent les surfaces d'acier doux soumises à l'action des gaz carbonés provenant de la décomposition des explosifs. Cette action s'observe constamment dans les expériences en vase clos. La mince pellicule aciérée et trempée semble devoir se craqueler facilement sous l'action des tensions considérables et des flambages auxquels elle est soumise dans les bouches à feu et cette première phase du phénomène qui donne un quadrillage régulier serait tout à fait indépendante des fuites gazeuses qui n'agiraient que pour en accentuer les éléments parallèles à l'axe.

Ces fuites paraissent dues au défaut d'obturation de la ceinture qui ne peut se mouler dans les fines craquelures dont il vient d'être question ; les gaz tendent alors à s'écouler par ces interstices, de la chambre à poudre au dehors, avec des vitesses incomparablement plus grandes que celles du projectile. Les craquelures parallèles à l'axe constituent le chemin d'écoulement le plus direct suivi par le gaz et ce sont, en effet, celles qui, d'après l'observation, subissent le plus rapide accroissement. Le phénomène de fuite gazeuse est d'ailleurs très court et ne subsiste en un point que pendant la durée du passage de la ceinture ; il doit donc être d'autant plus énergique que la vitesse du projectile est plus faible et la pression plus considérable, et c'est pour cela que les érosions se trouvent localisées sur un à deux calibres de parcours à partir de l'origine des rayures. Au delà, la vitesse du projectile est trop grande et la pression trop réduite pour assurer à travers de très petits orifices un débit gazeux à haute température capable de produire des effets mécaniques appréciables.

Quoi qu'il en soit de cette explication, il est certain que le phénomène des érosions ne peut être attribué à l'action de tourbil-

lons gazeux accompagnant la déflagration puisqu'on ne l'observe ni en vase clos ni dans la partie de la chambre à poudre voisine de la culasse; le phénomène ne résulte pas non plus du contact de la paroi avec des gaz animés des plus fortes vitesses atteintes par le projectile puisque les érosions sont nulles jusqu'au voisinage immédiat de la bouche où des fuites gazeuses directes peuvent de nouveau se produire par défaut d'obturation au moment de la sortie du projectile.

Le phénomène qui vient d'être décrit constitue le phénomène d'érosion normal et constant.

Sur ce phénomène viennent parfois se greffer des altérations de la paroi très importantes localisées en certains points et provenant vraisemblablement de quelque défaut présenté à l'origine par la surface de l'arme ou d'une imperfection locale de l'obturation par la ceinture : on voit apparaître en ces points irrégulièrement disposés des érosions profondes pouvant atteindre, par la réitération des tirs, plusieurs millimètres de profondeur.

L'expérience a montré que ces accidents secondaires pouvaient être évités par un tracé convenable des ceintures tandis que l'érosion normale définie plus haut reste jusqu'à nouvel ordre une conséquence forcée du tir prolongé.

En résumé, c'est donc à l'action réitérée d'une veine gazeuse à haute température s'écoulant librement au dehors par un très petit orifice que l'on doit rapporter les phénomènes d'érosions.

Le premier Chapitre de ce travail est consacré à la description du mode d'épreuve adopté et à l'étude des variables qui influent sur la valeur des résultats. Cette étude a permis de déterminer les conditions les plus favorables à l'exactitude des mesures et de préciser la signification pratique de l'essai proposé.

L'objet du deuxième Chapitre est la comparaison des facilités d'érosion d'un nombre considérable de métaux et d'alliages.

La conclusion de cette longue série d'expériences est qu'il n'y a pas de relation entre les propriétés mécaniques de ces métaux, leur dureté, leur limite d'élasticité et la facilité d'érosion. Cette dernière propriété paraît ne dépendre que du point de fusion au moins pour les alliages du groupe du fer. C'est le fer pur et les aciers à très faible taux de carbone qui présentent la plus grande

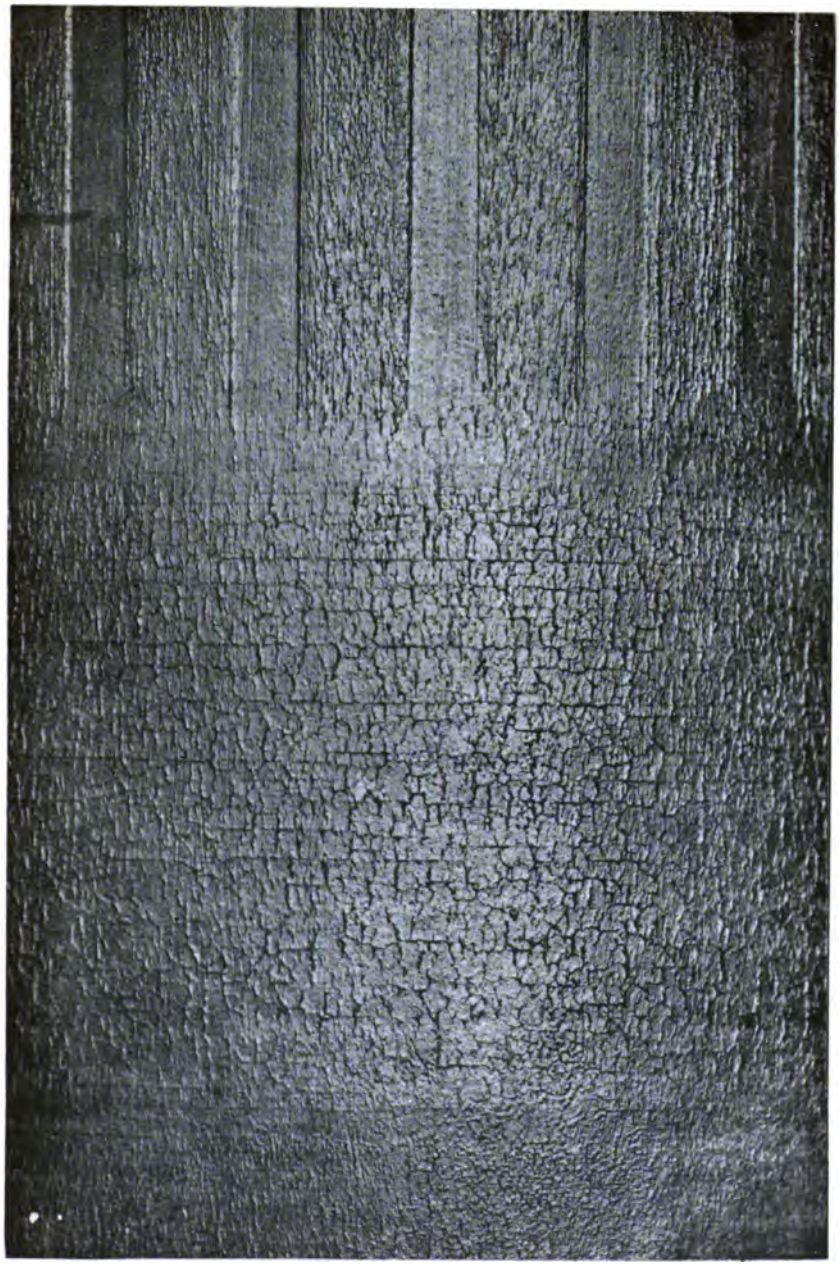


Fig. 1.

ÉROSIONS A L'ORIGINE DES RAYURES.

Canon de 274^{mm},4. — Nombre de coups tirés : 300.
Poudres diverses.

Fig. 2.

ÉROSIONS A L'ORIGINE DES RAYURES.

Canon de 138^{mm},6. — Nombre de coups tirés : 1145.
Poudre à la nitrocellulose pure.

résistance à l'érosion et, sous cette condition de faible fusibilité, tous ces aciers sont équivalents.

Il ne semble donc pas, par suite, qu'il y ait lieu d'espérer une solution aux difficultés soulevées par l'emploi des poudres à base de nitroglycérine dans le choix d'un métal spécial.

Dans le troisième Chapitre j'ai étudié les divers types de poudre ou d'explosifs. Leurs pouvoirs érosifs varient dans des limites très étendues; les érosions pouvant décupler lorsqu'on passe de la nitroguanidine à la balistite, pour ne parler que d'explosifs dont les forces sont, sinon identiques, du moins du même ordre de grandeur.

C'est donc dans le choix de l'explosif et dans l'association rationnelle de produits de pouvoirs érosifs différents qu'on doit chercher le remède aux effets destructeurs que présentent certains explosifs de haute valeur balistique.

Dans un quatrième Chapitre, nous avons réuni les données susceptibles de montrer le mécanisme des érosions produites par les gaz à haute température et animés de grandes vitesses.

Cet exposé comprend une théorie du phénomène qui n'est sans doute qu'une première approximation.

M. Osmond a bien voulu consigner, dans une Note qui termine ce Chapitre, de curieuses observations sur les transformations moléculaires qui accompagnent la trempe superficielle des aciers soumis à l'érosion.

résistance à l'érosion et, sous cette condition de faible fusibilité, tous ces aciers sont équivalents.

Il ne semble donc pas, par suite, qu'il y ait lieu d'espérer une solution aux difficultés soulevées par l'emploi des poudres à base de nitroglycérine dans le choix d'un métal spécial.

Dans le troisième Chapitre j'ai étudié les divers types de poudre ou d'explosifs. Leurs pouvoirs érosifs varient dans des limites très étendues; les érosions pouvant décupler lorsqu'on passe de la nitroguanidine à la balistite, pour ne parler que d'explosifs dont les forces sont, sinon identiques, du moins du même ordre de grandeur.

C'est donc dans le choix de l'explosif et dans l'association rationnelle de produits de pouvoirs érosifs différents qu'on doit chercher le remède aux effets destructeurs que présentent certains explosifs de haute valeur balistique.

Dans un quatrième Chapitre, nous avons réuni les données susceptibles de montrer le mécanisme des érosions produites par les gaz à haute température et animés de grandes vitesses.

Cet exposé comprend une théorie du phénomène qui n'est sans doute qu'une première approximation.

M. Osmond a bien voulu consigner, dans une Note qui termine ce Chapitre, de curieuses observations sur les transformations moléculaires qui accompagnent la trempe superficielle des aciers soumis à l'érosion.

CHAPITRE PREMIER.

RECHERCHE D'UN APPAREIL D'ÉPREUVE.

D'après ce qui a été dit plus haut sur la nature des érosions produites dans les armes, l'appareil d'épreuve, pour se rapprocher des conditions pratiques, doit déterminer des fuites gazeuses intenses par des orifices de petites dimensions.

Il est nécessaire également, pour que le dispositif constitue un véritable instrument de recherche, que les essais puissent être réitérés et étendus sans difficulté à des explosifs et des métaux préparés seulement à l'état d'échantillons et par conséquent que le poids de l'éprouvette métallique soumise à l'érosion soit faible de même que la charge explosive nécessaire pour obtenir une érosion mesurable avec précision.

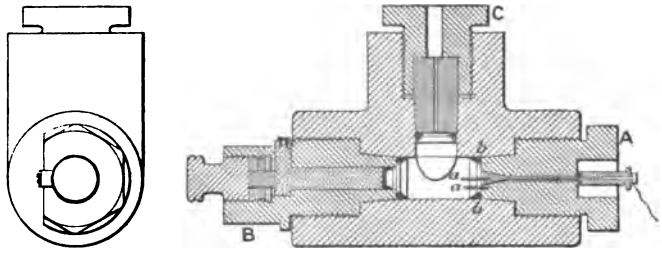
Ces conditions se sont trouvées réalisées par l'emploi de grains cylindriques de 22^{mm} de diamètre percés d'un canal axial de 1^{mm} de diamètre par lequel s'écoule la masse gazeuse. La longueur du canal cylindrique a été généralement de 40^{mm}, le perçage de pareils cylindres, bien que difficile, ayant pu être effectué par les soins du Laboratoire central de la Marine qui nous a prêté le concours le plus actif dans l'exécution de ces expériences.

Des grains de 20^{mm} et même de 10^{mm} de hauteur présentent des facilités de préparation plus grande et sont susceptibles, comme on le verra plus loin, de classer les explosifs de la même manière, mais la valeur absolue des érosions est réduite dans des proportions importantes et la précision des mesures se trouve diminuée.

Mode d'exécution des essais. — Le plus grand nombre des expériences discutées au cours de ce travail a été effectué en utilisant une chambre en acier munie de trois tubulures, représentée par le croquis ci-après (*fig.* 3). Cette chambre était fermée par trois bouchons en acier. Le bouchon A servait à la mise de feu : il est percé d'un canal conique, s'évasant vers l'intérieur, dans lequel s'engage un piston exactement rodé formant clapet et isolé

par une couche de gomme laque. Ce conducteur permet de porter à l'incandescence, au moyen d'un courant électrique, un fil de fer fin *aa* traversant une petite amorce de poudre de chasse extra-

Fig. 3.



fine. Le joint du bouchon de mise de feu avec l'éprouvette est obtenu par un obturateur en cuivre rouge *bb*.

Le bouchon B renferme un manomètre à écrasement ou un manomètre à ressort. La tête du piston écraseur ou fléchisseur du ressort est munie d'une plume en acier qui permet l'inscription du mouvement du piston sur un cylindre tournant. On obtient ainsi, en fonction du temps, la loi du développement des pressions à l'intérieur de l'éprouvette.

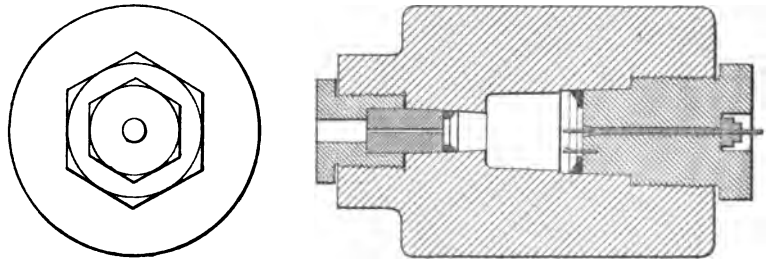
Le bouchon C reçoit le grain métallique percé d'un canal axial de 1^{mm} de diamètre par lequel doit s'effectuer la fuite du gaz. Un obturateur de cuivre assure le joint du grain et de l'éprouvette. Le bouchon C qui maintient le tampon est percé lui-même d'un large canal de 10^{mm} de diamètre laissant librement s'écouler les gaz qui ont traversé le grain.

Le volume de ce type d'éprouvette est de $17^{cm^3},8$. Le poids des explosifs qu'on y brûle varie de $3^g,5$ à 10^g. J'ai également utilisé des éprouvettes cylindriques de capacité plus grande, 75^{cm^3} et 340^{cm^3} (*fig.* 4 et 5). Ces éprouvettes n'avaient que deux tubulures dont l'une servait à la mise de feu et l'autre à l'installation du grain de fuite. Les charges qu'on y brûlait était respectivement cinq et vingt fois plus considérables que celles qui servaient dans l'éprouvette de $17^{cm^3},8$.

Dans ces conditions d'expérience l'inflammation de la charge donne lieu à une explosion comparable à un fort coup de fusil et les essais peuvent être effectués pour les trois types de chambre

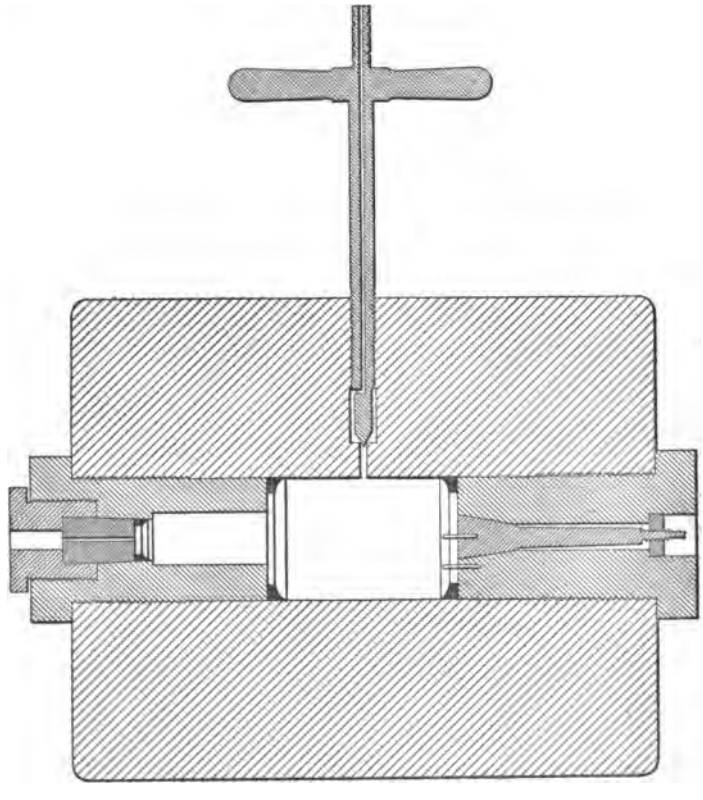
dans un couloir de tir fermé sans inconvénient pour le voisinage.

Fig. 4.



Ce résultat est dû à la faible dimension du canal de fuite. On a

Fig. 5.



vérifié accidentellement que la même expérience, effectuée avec un

grain percé d'un canal de 10^{mm} monté sur la chambre de 340^{cm^3}, conduisait à des effets extérieurs inadmissibles, entraînant de nombreuses ruptures de carreaux dans le couloir de tir; en même temps, d'ailleurs, les phénomènes d'érosions devenaient insignifiants.

Mesure des érosions. — Le grain métallique percé par lequel se fait la fuite pèse 135^g environ. Il est pesé au milligramme à la balance de précision avant l'expérience. Après l'explosion il est essuyé et pesé de nouveau avec la même précision; la différence des poids variait dans les diverses expériences de $0^g,150$ à 8^g ou 9^g; elle était, dans tous les cas, obtenue avec une approximation supérieure au $\frac{1}{100}$.

Cette variation de poids peut être traduite en volume en divisant le poids par la densité du métal, soit 7,8 dans le cas des aciers ordinaires. Cette transformation est utile pour comparer le fonctionnement de métaux de densités différentes. Dans quelques essais on a effectué le jaugeage direct de l'érosion au mercure : on retranchait du volume observé le volume du canal cylindrique primitif, soit 36^{mm^3} environ. Les résultats obtenus par cette méthode plus compliquée sont d'ailleurs identiques à ceux que fournit le calcul fait d'après les pesées.

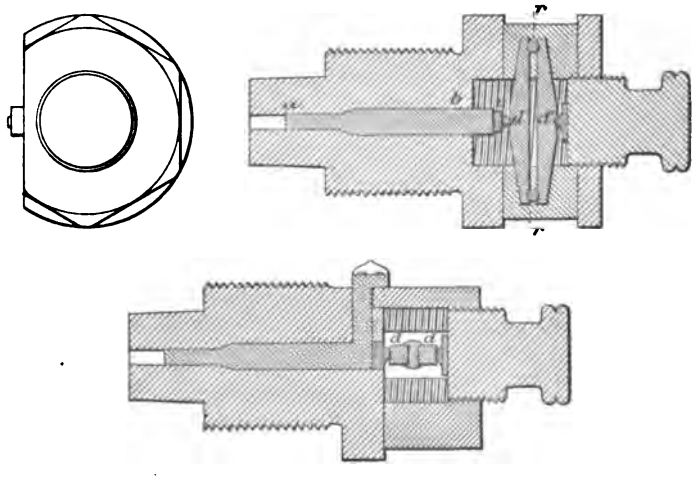
Mesure des pressions maxima et de la loi de leur développement. — Le manomètre à écrasement se compose d'un piston cylindrique de 1^{cm^2} ou $0^{cm^2},5$ de section suivant la valeur des pressions à enregistrer, dont la base reçoit l'action des gaz. La tête écrase un cylindre de cuivre de 8^{mm} de diamètre et de 13^{mm} de hauteur du type réglementaire dans l'artillerie de marine. Les écrasements sont comparés à la table statique de Gâvres et l'on en déduit la valeur des pressions.

Une plume fixée à la tête du piston permet l'inscription sur cylindre tournant.

Le manomètre à ressort se compose d'un piston *ab* à section réduite (14^{mm^2} de section), renforcé du côté de la tête qui s'appuie par un grain *c* (*fig.* 6) en calotte sphérique sur un système élastique composé de deux barreaux taillés suivant un profil trapézoïdal qui les rapproche de solides d'égale résistance. Ces barreaux

sont accouplés avec interposition de deux petits rouleaux d'acier de 2^{mm} de diamètre placés dans de légères encoches transversales ménagées aux extrémités des barreaux. Ces barreaux dits $\frac{5}{2} - 5 - 40$

Fig. 6.



ont 40^{mm} de longueur entre les encoches, 5^{mm} de largeur et 5^{mm} d'épaisseur au centre avec 2^{mm} d'épaisseur aux extrémités.

La loi de flexion du ressort est obtenue, dans les conditions même de son emploi entre grains arrondis, au moyen du manomètre à piston libre (voir *Mém. des Poud. et Salp.*, t. V).

Ces ressorts, très légers et d'une fabrication très simple, donnent sans rupture la flexion limite de $1^{mm},90$ qui établit le contact au centre des deux barreaux.

Les flexions sont proportionnelles aux pressions. Le couple que j'ai utilisé dans ces essais donne 1^{mm} de flexion pour $270^{kg},2$ de pression.

Le petit piston *ab* fonctionne sans obturateur métallique sous une couche de suif de 3^{mm}.

Ce système permet donc de suivre la courbe montante et la courbe descendante des pressions. Sa période oscillatoire très courte lui permet de suivre statiquement des lois de variation très rapides des pressions.

Étude de la méthode. — Pour pouvoir apprécier la significa-

tion des résultats fournis par l'épreuve, effectuée dans les conditions qui viennent d'être définies, il convient d'étudier l'influenec qu'exercent sur ces résultats des modifications dans la valeur des divers éléments qui y interviennent :

Charge explosive. Réitération des fuites. Pression maximum et mode de combustion de l'explosif. Diamètre du canal de fuite. Longueur de ce canal.

Voici les essais qui ont conduit aux dispositions adoptées.

I. — Influence du diamètre du canal de fuite.

On a expérimenté comparativement des grains d'acier à canon de 40^{mm} de longueur, dont le canal axial présentait les diamètres de 4^{mm}, 2^{mm} et 1^{mm}.

L'érosion était produite par l'écoulement des produits de décomposition de charges de $3^{g},55$ de poudres vives pour armes de petit calibre BF AM (*type des poudres colloïdales à la cellulose nitrée pure*) et VF (*poudre du type balistite à* 50 *pour* 100 *de nitroglycérine*).

Ces poudres déflagraient à la densité de chargement 0,2 dans une éprouvette de $17^{cm^3},8$ sous une pression maxima de 2500^{kg} environ.

Les érosions observées, déduites de la perte de poids du grain et évaluées en millimètres cubes, sont les suivantes :

NATURE DE LA POUDRE.	CANAL DE 4^{mm} de diamètre.		CANAL DE 2^{mm} de diamètre.		CANAL DE 1^{mm} de diamètre.	
	Érosion.	Pression.	Érosion.	Pression.	Érosion.	Pression.
	mm^3		mm^3		mm^3	
BF 3e 91 SL ou BFAM 6e 98 R.					20,3	2403
Poudre colloïdale coton-poudre	0,2	1244	6,9	2039	22,7	2361
pur	0,5	916	8,5	1938	24,7	2224
					25,5	2253
					84,5	2509
VF. Poudre type balistite. 50 pour	12,7	1084	58,6	2186	83,2	2370
100 nitroglycérine	12,3	1268	58,2	2099	90,2	2542
					85,9	2360

Il résulte de ces nombres qu'une même charge de poudre produit des érosions rapidement croissantes à mesure que le canal de fuite devient plus petit. La réduction des érosions dans les canaux de grand diamètre ne résulte pas seulement de l'abaissement de la pression maxima, car cette réduction subsiste très importante avec le canal de 2^{mm}, alors que les pressions maxima sont très voisines des pressions observées avec le canal de 1^{mm}, et des expériences directes ont d'ailleurs montré que, pour un canal donné, cette influence de la pression est à peu près négligeable dès que les pressions atteignent 2000^{kg}.

La réduction du pouvoir érosif résulte principalement de ce que le jet gazeux ne travaille que par sa périphérie et que le volume total des jets débités par les mêmes charges étant sensiblement constant, les surfaces actives de ces jets sont inversement proportionnelles aux diamètres des canaux de fuite.

Le rendement érosif d'une charge explosive donnée est donc d'autant plus grand que le canal est plus petit, et il y a intérêt à réaliser l'orifice minimum. Le minimum pratique nous a paru pouvoir être fixé à 1^{mm}, le perçage de trous plus petits, sur une longueur notable, présentant de sérieuses difficultés d'exécution.

II. — Influence de la longueur du canal de fuite.

Les difficultés que présente le perçage d'un canal de 1^{mm}, sur de grandes longueurs, conduisaient à rechercher dans quelle mesure cette longueur concourait au rendement érosif.

Les expériences suivantes ont été effectuées sur des grains percés suivant l'axe d'un canal de 1^{mm}, dont la longueur était de 10^{mm}, 20^{mm} et 40^{mm}. Les types explosifs étaient les mêmes que dans les essais précédents. Poudre colloïdale au coton-poudre pur et balistite. Charge de $3^{g},55$ à $3^{g},35$, suivant le mode d'amorçage, brûlant sous la pression maxima de 2500^{kg} environ.

NATURE DES POUDRES. CHARGE.		GRAINS DE 10mm.		GRAINS DE 20mm.		GRAINS DE 40mm.	
		Érosion.	Pression.	Érosion.	Pression.	Érosion.	Pression.
	g g	mm³		mm³		mm³	
BF AM. Poudre colloïdale au coton-poudre pur.....	3,35 + 0,6	9, 2	2200	//	//	19, 5	2162
	amorce extrafine	//	//			//	//
	3,55 + 0,1	11, 4	2343	13, 8	2282	24, 7	2224
	amorce extrafine	11, 0	2234	//	//	//	//
VF. Poudre du type balistite. 50 pour 100 nitroglycérine.	3,55 + 0,1	39, 9	2380	57, 3	2485	90, 2	2542
	amorce extrafine	33, 8	2476	//	//	//	//
CNF. Poudre du type cordite à température de combustion réduite par l'addition de sels. (Nitroguanidine)..	3,55 + 0,1	11,92	2504	//	//	30, 0	2375
	amorce extrafine					26, 1	2244
Cordite à fusil. Sevran 1894.	3,55 + 0,1 Extrafine	26, 6	2607	//	//	64, 2	2500

Ces nombres montrent qu'il y a intérêt à accroître, autant que le permet la difficulté de la fabrication, la longueur du canal de fuite, le rendement érosif d'une même charge croissant dans le rapport de 2,5 à 1 lorsqu'on passe d'un grain de 10mm de hauteur à un grain de 40mm.

Ces nombres donnent lieu à une deuxième remarque : c'est que le classement des explosifs au point de vue érosif reste le même quelle que soit la longueur du canal de fuite, alors cependant que le pouvoir érosif varie de 1 à 4 lorsqu'on passe des poudres au coton-poudre pur au type balistite à 50 pour 100 de nitroglycérine.

III. — Influence de la quantité de gaz débitée par le canal de fuite sous une même pression maxima.

Cette influence peut être étudiée en montant des grains identiques sur des chambres de capacité variable dont les charges sont réglées de façon à réaliser la même densité de chargement et par suite les mêmes pressions maxima. On a expérimenté des chambres de 343cm³, 7, de 73cm³, 8 et de 17cm³, 8. Les capacités et les charges variaient dans le rapport de 1 à 20. La pression maxima atteignait 2200kg à 2500kg.

Les résultats comparatifs suivants concernent les érosions produites dans l'acier à canon.

NATURE DES POUDRES.	DENSITÉ du chargement.	GRANDE CHAMBRE DE 343$^{cm^3}$,7.		CHAMBRE DE 73$^{cm^3}$,8.		CHAMBRE DE 17$^{cm^3}$,8.	
		Érosion.	Érosion par gramme.	Érosion.	Érosion par gramme.	Érosion.	Érosion par gramme.
		mm^3		mm^3		mm^3	
BF	0,2	393 392 374	mm^3 5,5	109,2 105,1	mm^3 7,3	20,1 20,3 22,7 24,7 25,5	mm^3 6,4
Cordite anglaise pour fusil	0,2	738	10,2			64,2	18,0
VF	0,2	1014	14,7	322,2	21,5	83,5 83,2	24,9

On voit que le rendement érosif par gramme d'explosif s'élève à mesure que la charge devient plus petite et que les érosions restent plus faibles en valeur absolue, mais que le classement des explosifs reste le même et que les rapports de leurs pouvoirs érosifs définis par la valeur de l'érosion produite par 1^g de matière sont de même ordre dans les trois séries.

C'est l'éprouvette minimum de 17$^{cm^3}$,8 qui accentue le mieux la différence d'action des divers explosifs. Ce résultat pouvait être prévu; en effet, l'abaissement du rendement érosif avec la grandeur croissante de la charge est la conséquence évidente de l'accroissement du diamètre du canal de fuite dont nous avons montré l'influence au paragraphe I.

Dans les grandes érosions une portion considérable de la veine gazeuse restait inefficace.

IV. — Influence de la réitération des fuites gazeuses.

Nous avons vu que le mécanisme de l'érosion dans les armes paraissait comporter la réitération de fuites très courtes par des orifices de petite section.

Il importait de montrer comment le classement des métaux ou des explosifs par une expérience d'érosion unique pouvait se trouver modifié par la répétition de l'épreuve.

Les expériences ont consisté à mesurer à l'aide de l'éprouvette de $17^{cm^3},8$ les valeurs des érosions successives produites sur un même grain sous l'influence de fuites provenant de la combustion de charges identiques. On évaluait chaque fois les pressions par le manomètre crusher.

Les essais ont porté sur les deux poudres types précédemment indiquées BF AM et VF. Ils ont été étendus à la poudre de chasse noire et à une poudre italienne pour fusil, à base de nitroglycérine, dite *Solénite,* et enfin à une dynamite à 75 pour 100 de nitroglycérine et 25 pour 100 de silice (terre d'infusoires).

Les Tableaux suivants donnent les résultats obtenus. Les érosions évaluées en poids (en millig.) ont été obtenues dans l'acier à canon.

NOMBRE DES FUITES.	ÉROSION EN MILLIGRAMMES		PRESSION en kilogrammes par centimètre carré.
	observée.	calculée.	
Poudre BF AM. *Densité de chargement,* 0,2.			
1re fuite	193 mg	193 mg	2224
2e «	134	136	2215
3e »	103	111	2014
4e »	98	96,5	2014
5e »	103	86,3	2044
6e »	71	78,8	2084
7e »	62	72,9	1994
8e »	65	68	1742
9e »	56	64	1860
10e »	49	61	1855
Poudre VF (*type balistite* 50 *pour* 100 *nitroglycérine*). *Densité de chargement,* 0,2.			
1re fuite	704	704	2542
2e »	549	498	2084
3e »	477	406	1989
4e »	423	352	1725
5e »	338	315	1628
Poudre italienne solénite. Densité de chargement, 0,2.			
1re fuite	381	381	2449
2e »	266	269	2286
3e »	212	220	2214
4e »	174	190	2138
5e »	172	170	2114

Poudre de chasse noire (n° 4 forte). Densité de chargement 0,5.

NOMBRE des fuites.	ÉROSION en milligrammes		PRESSION en kilogrammes par centimètre carré.
	observée.	calculée.	
	mg	mg	
1re fuite....	312	312	1839
2e »	203	220	1958
3e »	99	180	1860
4e »	132	156	1831

Dynamite à 75 pour 100 à la guhr. Densité de chargement 0,2.

NOMBRE des fuites.	ÉROSION en milligrammes		PRESSION en kilogrammes par centimètre carré.
	observée.	calculée.	
	mg	mg	
1re fuite.....	470	470	2084
2e »	324	332	1802
3e »	249	271	1785
4e »	227	235	1855

On a rapproché, dans ces Tableaux, des érosions observées les chiffres calculés en supposant que l'érosion décroisse comme l'inverse de la racine carrée du nombre des fuites : $E = \frac{\varepsilon}{\sqrt{N}}$.

L'accord est suffisant pour la poudre BF AM, la solénite et la dynamite à 75 pour 100 et même la poudre de chasse noire malgré l'anomalie de la troisième épreuve. La décroissance est peut-être un peu moins forte pour la poudre VF. Mais dans leur ensemble et malgré quelques anomalies ces nombres montrent que les érosions successives produites par la réitération des fuites suivent, pour toutes les poudres, des lois presque identiques et que, par suite, le classement déterminé par la première épreuve est semblable à celui auquel conduiraient des expériences réitérées en même nombre sur chacun des types de poudre. On voit également que les pressions maxima observées décroissent progressivement pour toutes les poudres à l'exception de la poudre noire. Ce ré-

sultat indique l'influence croissante que prend la fuite pendant la période d'établissement de la pression.

Pour la poudre noire de chasse, qui est la plus vive et la plus inflammable des poudres expérimentées, cette fuite initiale reste négligeable au moins jusqu'à la quatrième réitération, et la pression maximum demeure constante.

D'après ces observations, on voit que la réduction progressive des érosions résulte d'une double influence. D'une part, en raison de l'agrandissement du canal de fuite, le rendement érosif s'abaisse comme nous l'avons établi plus haut par des expériences directes; en second lieu, la pression d'écoulement des gaz s'abaisse, et la période initiale de débit sous faible pression, dont l'influence, au point de vue érosif, doit être faible, tend à devenir prépondérante.

En résumé, il y a lieu de penser que les effets produits par des fuites réitérées telles qu'elles se produisent dans le canon se déduisent par une loi commune d'un effet élémentaire que l'on peut mesurer dans une expérience unique.

V. — Influence de la pression.

Dans tous les essais précédents nous avons étudié l'influence qu'exerçaient sur la valeur de l'érosion le diamètre ou la longueur du canal de fuite et la quantité des gaz dégagés sous des pressions maxima très voisines et produites, grâce à la vivacité de l'explosif, en des temps assez courts pour que la fuite initiale pendant la période croissante des pressions fût sensiblement négligeable. Ces pressions maxima étaient de l'ordre de 2000^{kg} à 2500^{kg}.

Il s'agit de reconnaître l'influence qu'exerce la valeur absolue de cette pression. Cette influence se trouve, en général, combinée avec des actions complexes dont il est assez difficile de l'isoler.

Influence de la pression à charge constante. — Un premier moyen de relever les pressions de fuite consiste, sans changer la charge, à modifier la capacité de la chambre de déflagration de façon à faire varier la densité du chargement. La capacité de la chambre a varié de $11^{cm^3},8$ à $17^{cm^3},8$, $49^{cm^3},7$ et 343^{cm^3}, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 30 environ.

La capacité de $11^{cm^3},8$ était obtenue en réduisant le volume de

la chambre de $17^{cm^3},8$ par l'emploi d'obturateurs de cuivre de grand volume et en coulant sur l'un des fonds de l'éprouvette un poids connu de soufre protégé par un tampon de mastic que l'on retrouvait inaltéré après l'explosion.

L'accroissement de la chambre à $49^{cm^3},7$ s'obtenait en l'allongeant par l'emploi d'un bouchon de mise de feu plus court. Enfin le volume de 343^{cm^3} était celui de la grande éprouvette.

Les résultats obtenus par cette méthode sont contenus dans le Tableau suivant. Les charges correspondent à la densité de chargement 0,2 dans l'éprouvette de $17^{cm^3},8$.

NATURE de la poudre.	CHAMBRE de 343^{cm^3}.			CHAMBRE de $49^{cm^3},7$.			CHAMBRE de $17^{cm^3},8$.			CHAMBRE de $11^{cm^3},8$.		
	Charge	Érosion	Pression	Charge	Érosion	Pression	Charge	Érosion	Pression	Charge	Érosion	Pression
	g	mm^3	kg	g	mm^3	kg	g	mm^3	kg	g	mm^3	kg
	//	//	//	//	//	//	3,45	20,3	2403	//	//	//
	//	//	//	//	//	//	//	22,7	2361	//	//	//
BF ou BF AM.	3,55	0,3	100	3,9	5,9	906	3,55	24,7	2224	3,55	30,6	4128
	//	//	//	//	//	//	//	25,5	2253	//	26,4	3856
	//	//	//	//	//	//	//	20,1	2143	//		
VF, type balistite.....	3,55	0,0	100	3,50	40,6	879	3,45	84,5	2509	3,55	85,7	3807
	//	//	//	//	//	//	//	83,2	2370	//	//	//
CNF, type de la cordite anglaise.....	//	//	//	//	//	//	3,55	64,2	2500	3,55	64,5	3716

Il résulte de ces nombres que l'érosion produite par une même masse de gaz, d'abord négligeable sous des pressions de 100^{kg}, s'accroît dans un rapport considérable lorsque la pression maxima s'élève de 900^{kg} à 2000^{kg}-2500^{kg}, mais que l'érosion reste sensiblement stationnaire lorsque la pression s'élève de 2000^{kg} à 4000^{kg}.

Influence de la pression lorsque la charge croît en capacité constante. — On peut faire croître la pression en laissant constante la chambre de déflagration et augmentant la charge. L'érosion dépend alors de la modification simultanée de la charge et de la pression; mais on a établi précédemment que le rendement érosif par gramme d'explosif brûlant sous une même pression

maxima était faiblement influencé par la charge dans des limites fort étendues lorsque, par exemple, cette charge varie dans le rapport de 1 à 5.

Il suffit, d'autre part, de variations de charges beaucoup plus petites que ce rapport 5, une variation de 2 à 3, par exemple, pour doubler les pressions dans une même capacité.

Si donc, dans ces conditions, le rendement explosif reste constant, c'est que la pression n'influe pas sur l'érosion dans les limites des comparaisons.

On a opéré suivant cette méthode la comparaison des érosions produites par des charges de 3^{g}, 55 et de 5^{g} assurant dans l'éprouvette de 17^{cm^3}, 8 des densités de chargement de 0,2 et 0,3 environ.

Le Tableau suivant renferme les résultats de ces expériences comparatives :

Chambre de 17^{cm^3}, 8.

NATURE de l'explosif.	DENSITÉ de chargement.	PRESSIONS.	ÉROSIONS.	RENDEMENT érosif par gramme.
		kg	mm³	mm³
BF AM.....	0,2	2253	25,5	7,2
	0,281	3500	41,1	8,23
	"	3614	40,0	8,00
VF.....	0,2	2360	85,9	24,2
	0,281	3886	124,8	24,4

On voit que, bien que les érosions aient augmenté de la moitié de leur valeur, le rendement érosif par gramme est resté sensiblement constant, comme dans les expériences à pression constante, bien que les pressions aient presque doublé.

Cette nouvelle série confirme donc la première et montre qu'à partir d'une certaine pression de l'ordre de 2000^{kg}, qui assure une action mécanique suffisante des gaz, la pression ne joue plus qu'un rôle secondaire et que le débit gazeux total proportionnel à la charge constitue l'élément efficace.

VI. — Influence de la loi de combustion.

Nous avons admis jusqu'ici comme condition essentielle d'une comparaison valable faite entre les diverses érosions que la loi d'écoulement à travers le canal de fuite n'était pas perturbée par la loi de combustion de l'explosif, et c'est pour atteindre ce but qu'on a eu recours à des poudres relativement vives pour armes de petit calibre pour lesquelles la durée d'établissement de la pression maximum est assez courte pour que la fuite pendant cette période puisse être regardée comme négligeable.

Nous savons que cette condition est sensiblement remplie par les poudres BF AM et VF, parce que les pressions maxima observées avec le grain percé ne diffèrent pas des pressions obtenues dans la même bombe entièrement close. Il reste à indiquer dans quelles limites de vivacité ce fonctionnement subsiste et à montrer l'influence qu'exerce la loi de combustion sur la valeur de l'érosion.

Une même matière explosive peut être amenée par agglomération en éléments de grandeur variable à des modes de combustion très différents dont la durée peut croître, dans les conditions de nos expériences, de quelques dix-millièmes de seconde à quelques centièmes de seconde.

La loi de combustion est enregistrée dans chaque cas sur un cylindre tournant au moyen du manomètre crusher ou du manomètre à ressort.

Le manomètre crusher permet d'obtenir :

1° La durée du long feu qui s'écoule entre le départ de l'amorce d'allumage et le premier écrasement qui correspond à une pression de 150^{kg} environ;

2° La durée d'écrasement, qui se confond avec la durée de combustion pour des poudres dont la vivacité n'est pas trop grande et qui constitue en tout cas une limite supérieure de la durée de combustion.

Le manomètre à ressort permet d'enregistrer non seulement la courbe montante des pressions, mais encore la loi de décroissance des pressions sous l'influence de la fuite gazeuse.

Dans une première série d'expériences, j'ai comparé les éro-

sions et les lois de combustion fournies par diverses poudres de composition identique formées de coton-poudre aggloméré par un dissolvant. Ces poudres étaient de vivacité très différente.

La poudre T *bis* est une poudre en très petits grains aplatis utilisée pour le chargement des revolvers.

La poudre T est une poudre convenant aux fusils de chasse, calibres 12, 16 et 20.

La poudre BF AM est une poudre plus lente pour fusil de guerre de petit calibre.

La poudre BM_7, toujours du même type, se tire dans les canons de 164^{mm} de la marine française.

Enfin, la poudre BM_{13}, destinée aux pièces de 320^{mm} et 340^{mm} de la marine, est une des plus lentes qui puissent être utilisées dans les armes.

POUDRES VIVES.

Le Tableau suivant renferme les résultats observés avec les trois premières poudres :

Éprouvette de $17^{cm^3},8$.

POUDRES.	CHARGE.	PRESSION par centimètre carré.	ÉROSION.	ÉROSION par gramme.	DONNÉES déduites des tracés recueillis.
	^{g}	^{kg}	$^{mm^3}$	$^{mm^3}$	
T *bis*.....	3,55	<2528	26,4	7,4	Long feu, 2^{ms}. Écrasement dynamique en $\frac{3}{10000}$ de seconde.
T.....	3,55	<2588	23,1	6,5	Long feu, 2^{ms}. Écrasement dynamique en $\frac{3}{10000}$ de seconde.
BF AM.....	3,55	2300	23,0	6,4	Long feu, 4^{ms}. Écrasement statique en $2^{ms},4$, $\frac{dp}{dt}$ M $= 1206^{t}$.

La pression normale en vase clos de ces types de poudre à la densité de chargement 0,2 est 2300^{kg}.

Les valeurs un peu supérieures obtenues avec les poudres très vives T *bis* et T sont dues au fonctionnement dynamique de l'appareil crusher, et l'on peut dire que, pour toutes ces poudres, l'influence de la fuite initiale n'apparaît pas sur les pressions maxima.

La lecture des tracés confirme ce résultat. Ainsi, le $\frac{dp}{dt}$ maxi-

mum 1206 tonnes obtenu pour la poudre BF AM avec grain d'érosion ne diffère pas de la valeur 1237 tonnes par seconde mesurée pour la même poudre brûlant en vase complètement clos.

Dans ces conditions, on voit que le pouvoir érosif reste sensiblement constant, bien que pour ces poudres la loi de développement des pressions soit très différente, l'écrasement du crusher étant obtenu pour la poudre BF en un temps cinq à six fois supérieur à celui qui correspond aux poudres T et T *bis* avec un long feu initial double : 4 au lieu de 2 millisecondes.

POUDRES LENTES.

Si, de ces poudres vives, on passe aux poudres de même composition à combustion lente, on voit aussitôt apparaître l'influence de la fuite initiale alors même qu'on cherche par l'accroissement de la charge et de la pression à en réduire la durée et l'importance relative. C'est ce que montrent les nombres contenus dans le Tableau suivant :

Éprouvette de $17^{cm^2},8$.

POUDRES.	CHARGE.	PRESSION par centimètre carré.	ÉROSION	ÉROSION par gramme.	DONNÉES déduites des tracés recueillis.
		kg	mm³	mm³	
BF AM.....	5g	3614	40,0	8,0	Long feu, 1^{ms}. Durée de combustion, $1^{ms},25$. $\frac{dp}{dt}M = 3426^t$.
		3688	35,8	7,2	Expérience avec canal obturé par un fil de plomb.
BM_1 AM.....	5	2694	26,0	5,2	Durée de combustion, 7^{ms}. $\frac{dp}{dt}M = 605^t,7$.
BM_{13} AM....	5	2012	17,2	3,44	Long feu, 10^{ms}. Durée de combust., 14^{ms}. $\frac{dp}{dt}M = 150^t$.
		2320	27,6	5,52	La deuxième expérience avec ressort a donné, pour la somme long feu et combustion, 20^{ms}.

La pression normale *en vase clos* sans fuite mesurée directement pour cette densité a été trouvée de 3698^{kg} pour la poudre

BF AM et 3593 pour la poudre BM_7 : elle est de même ordre pour la poudre BM_{13}. L'abaissement de 1000^{kg} à 1500^{kg} dans la valeur des pressions maxima observées avec le grain percé pour les poudres lentes montre que la fuite initiale prend dans ce cas une importance considérable : en même temps le rendement érosif par gramme s'abaisse et devient variable avec les conditions suivant lesquelles s'opère l'inflammation.

Les données fournies par la lecture des tracés expliquent ces résultats : on reconnaît en effet, dans les diagrammes du manomètre à ressort, qu'une pression de 2300^{kg} environ obtenue soit avec la poudre BF à la charge de $3^g,55$, soit avec la poudre BM_{13} à la charge de 5^g, donnent lieu à des lois de décroissance des pressions postérieures au maximum très exactement identiques. Ainsi la pression de 2300^{kg} s'abaisse pour les deux poudres à 1000^{kg}, valeur au-dessous de laquelle nous avons vu que le pouvoir érosif est très atténué, en des temps de 17^{ms} à 19^{ms}; cette pression de 2300^{kg} s'abaisse à 500^{kg} en 35^{ms} à 37^{ms}. Mais la loi d'accroissement des pressions est complètement différente dans les deux cas. On a, en effet,

	Long feu.	Durée de développement.	Vitesse maxima de développement de la pression.
Pour BF AM	4^{ms}	$2^{ms},4$	1206^t
Pour BM13	10^{ms}	$14^{ms},0$	150^t

On voit donc que la durée de la fuite sous les faibles pressions initiales inefficaces au point de vue érosif prend une importance considérable pour la poudre lente et abaisse forcément le rendement de la charge.

En résumé, ces expériences relatives aux poudres du type BF établissent que, sous la condition que la fuite initiale n'altère pas d'une façon sensible la valeur de la pression maxima normale en vase clos correspondant à la densité de chargement, l'érosion est caractéristique du type de poudre expérimenté et ne dépend pas de sa loi de combustion dans de larges limites.

J'ai cherché à étendre cette conclusion, relative aux poudres formées de coton-poudre pur gélatinisé, aux poudres du type balistite genre VF renfermant 50 pour 100 de nitroglycérine.

On a constitué un échantillon de poudre beaucoup plus vive que la poudre VF en la découpant en grains beaucoup plus fins. Le nombre des grains au gramme a été ainsi porté de 99 à 950, soit au décuple environ.

Le Tableau suivant permet de comparer le pouvoir érosif et la loi de combustion de ces deux types de poudre brûlant à la même charge dans l'éprouvette de $17^{cm^3},8$ avec inscription de la loi des pressions au moyen de l'appareil crusher enregistreur.

Éprouvette de $17^{cm^3},8$.

POUDRE.	CHARGE.	PRESSION.	ÉROSION.	EROSION par gramme.	DONNÉES CARACTÉRISANT LES TRACES.
VF découpée.	3,55	2597	83,6 ($\frac{11}{61}$)	23,5	Long feu $1^{ms},2$. Durée de combustion $0^{ms},9$ — $\frac{dp}{dt}$ M = 4604^t.
VF 1er lot 96 S^t.	3,55	2416	84,5 ($\frac{13}{62}$)	23,8	Long feu 1^{ms}. Durée de combustion $2^{ms},4$ — $\frac{dp}{dt}$ M = 1517^t.

Les pressions observées ne s'écartent pas de la pression normale *en vase clos* de ce type de poudre, qui est de 2500^{kg} environ pour cette densité de chargement. Sous cette condition on voit que la vivacité de la poudre a pu varier dans le rapport de 1 à 3 environ sans modification de la valeur de l'érosion.

La conclusion énoncée plus haut pour les poudres BF semble donc pouvoir être considérée comme générale.

Signification pratique de l'épreuve. — Après avoir ainsi défini les conditions de fonctionnement de l'épreuve proposée, il nous reste à rechercher quelle peut être sa valeur pratique au point de vue de la prévision des effets destructeurs observés dans les armes.

D'après ce que nous avons dit de la nature de ces érosions balistiques, les phénomènes mis en jeu dans l'arme et dans l'épreuve sont de même espèce; ils ne diffèrent que par l'intensité, le débit et la durée de l'écoulement de la masse gazeuse étant beaucoup plus considérables dans le cas de l'épreuve, ce qui permet en une seule opération d'obtenir des érosions mesurables.

La vitesse du projectile dans la région des érosions les plus intenses correspondant à la pression maxima est de l'ordre de 100^{m} à 150^{m} au minimum; une strie longitudinale de 1^{cm} de longueur est donc en contact avec la ceinture pendant un temps de l'ordre de $\frac{1}{10000}$ de seconde. Nous avons vu au contraire que, dans nos essais, la durée d'écoulement sous une pression variant de 2500^{kg} à 1000^{kg} atteint $\frac{17}{1000}$ à $\frac{19}{1000}$ de seconde, soit une valeur 200 fois plus grande.

Nous avons vu que dans l'épreuve l'érosion est, dans de larges limites, proportionnelle au débit gazeux sous une même pression et que, pour un même débit gazeux, la pression n'a qu'une influence secondaire dès qu'elle atteint 2000^{kg} environ.

Dans le canon, chaque fuite élémentaire relative à une strie s'effectue, en raison de sa brièveté, sous une pression sensiblement constante; elle sera donc proportionnelle au débit, c'est-à-dire sensiblement à la valeur de la pression (1), *qui n'interviendra pas directement* sur l'érosion, mais par l'influence qu'elle exerce sur le débit gazeux.

Une observation de même ordre s'applique à l'influence de la charge sur les érosions balistiques. La valeur de cette charge ne doit pas intervenir directement, parce qu'elle est toujours infiniment grande par rapport au débit d'une fuite élémentaire : mais on conçoit qu'elle agisse par l'action qu'elle exerce sur la loi de développement des pressions et du mouvement du projectile.

Lorsqu'on fait croître dans une arme la charge d'une *même poudre,* en chaque point de l'arme atteint par la ceinture du projectile, la pression s'élève en même temps que la vitesse de la ceinture, et ces deux influences tendent à se compenser au point de vue du débit gazeux et de l'effet érosif. Mais on voit facilement que c'est l'influence de la pression qui l'emporte et que l'érosion balistique doit croître aux fortes charges; c'est le fait expérimental observé.

Lorsqu'on fait croître dans une arme la charge par l'emploi de poudres de plus en plus lentes sans changer la pression maxima, les formules balistiques de M. Sarrau montrent que le point de

(1) Expériences de Poncelet et Pecqueur pour l'air, de Résal, de Forquenot et de Le Chatelier pour la vapeur.

l'âme atteint par le projectile au moment où se produit la pression maxima se déplace vers la bouche, et cette circonstance doit entraîner l'extension des érosions sur une portion des rayures qui fût resté indemne avec des poudres plus vives. C'est également un fait d'expérience.

En résumé, tout conduit donc à penser que le classement des métaux et des poudres au point de vue érosif, effectué par l'épreuve qui vient d'être décrite, sera valable pour la prévision des effets destructeurs balistiques en vue desquels elle a été instituée.

CHAPITRE II.

ÉTUDE DES MÉTAUX AU POINT DE VUE DE LA FACILITÉ D'ÉROSION.

La méthode d'épreuve définie dans le Chapitre précédent nous a permis d'aborder l'étude de l'influence qu'exerce la nature des métaux sur les érosions produites par l'écoulement des produits de décomposition des explosifs à haute pression.

Métaux du groupe de fer. — Les expériences les plus nombreuses ont porté sur le fer et sur ses alliages, qui présentent seuls un intérêt pratique au point de vue de la fabrication des armes.

Je rapprocherai dans le Tableau suivant les métaux de ce groupe que j'ai expérimentés, en indiquant l'origine des échantillons, leur composition et les propriétés mécaniques de certains d'entre eux.

Je dois exprimer mes vifs remercîments à M. le Directeur du Laboratoire de la Marine, à M. Le Chatelier, à M. Osmond et à M. Charpy, qui ont bien voulu mettre à ma disposition, avec de précieuses indications, des échantillons très variés de la plupart des produits métallurgiques qui pouvaient *a priori* être considérés comme intéressants au point de vue de l'étude que j'avais entreprise.

La majorité des échantillons a pu être expérimentée sous forme de grains de 22^{mm} de diamètre et de 40^{mm} de longueur (*fig.* 7),

Fig. 7.

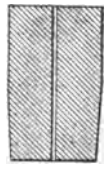
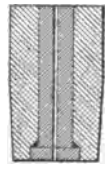


Fig. 8.



Quelques-uns, de diamètre insuffisant, ont pu être enchâssés dans un grain inerte avec interposition d'une rondelle obturatrice de cuivre rouge, comme l'indique le croquis ci-dessus (*fig.* 8).

NATURE DU MÉTAL.	ORIGINE.	COMPOSITIONS ET PROPRIÉTÉS ÉLASTIQUES.
1. Fer au bois BFM.....	Lab. de la Marine.	
2. Fer de Suède.....	Id.	
3. Acier doux.....	Id.	Taux de carbone $< \frac{1}{1000}$. Limite élastique 29^{kg}. Rupture 48. Allongement 24 pour 100.
4. Acier à canon.....	Id.	Taux de carbone $< \frac{1}{1000}$. Limite élastique 46^{kg}. Rupture 72. Allongement 15 pour 100.
5. Acier chromé à outil non trempé.	Id.	
6. Acier chromé à outil trempé....	Id.	Limite de rupture 118^{kg}. Allongement 0,6 p. 100.
7. Acier chromé C_1.....	M. Le Chatelier.	Chrome 2,5. Carbone 0,5. Silicium 0,27. Manganèse 0,23.
8. Acier chromé C_3.....	Id.	Chrome 3,5. Carbone 1,07. Silicium 0,36. Manganèse 0,21.
9. Acier tungstène V_1.....	Id.	Tungstène 2,9. Carbone 0,55. Silicium 0,20. Manganèse 0,42.
10. Acier tungstène V_3.....	Id.	Tungstène 2,7. Carbone 1,1. Silicium 0,32. Manganèse 0,38.
11. Acier chromé ECR.....	M. Charpy.	Chrome 2,00. Carbone 0,10 à 0,15.
12. Acier chromé 111111 C.....	Id.	Chrome 2,00. Carbone 0,40.
13. Acier CF_{10}.....	Id.	Chrome 1 pour 100. Nickel 2 pour 100. Carbone 0,35.
14. Acier KF_9.....	Id.	Chrome 2 pour 100. Nickel 4 pour 100. Carbone 0,35.
15. Acier n° 766 recuit.....	M. Osmond.	Chrome 0,590. Nickel 13,14. Manganèse 0,43. Carbone 0,259.
16. Acier n° 766 non recuit.....	Id.	
17. Acier n° 836 recuit.....	Id.	Nickel 24,4. Manganèse 0,41. Carbone 0,255.
18. Acier n° 836 non recuit.....	Id.	
19. Acier n° 851.....	Id.	Nickel 26,64. Manganèse 0,285. Carbone 0,070.
20. Acier n° 850 *bis*..... ...	Id.	Nickel 43,41. Manganèse 0,388. Carbone 0,104.
21. Fonte douce.....	Id.	

La facilité d'érosion de ces divers métaux a été comparée en faisant usage de la poudre VF du type balistite à 50 pour 100 de nitroglycérine, la plus érosive des poudres usuelles et la plus apte, semble-t-il, à accentuer les différences que pouvaient présenter les métaux dans leur fonctionnement.

Quelques essais ont été effectués en faisant usage de la grande éprouvette de 343^{cm^3} avec des charges de 70^{gr}, mais le plus grand nombre des déterminations a été obtenu par l'emploi de l'éprouvette minima de 17^{cm^3} avec des charges de $3^g,50$ pour les raisons qui ont été développées plus haut.

Les érosions observées évaluées en millimètres cubes sont relatées dans les Tableaux suivants.

TABLEAU I.

Éprouvette de 343^{cm^3}. — *Charge de* 70^g. — *Poudre* VF — $\Delta = 0{,}2$.

NATURE DU MÉTAL.	ÉROSIONS OBSERVÉES.
	mm^3
Acier doux	1055
Acier à canon	1014
Acier chromé à outil, trempé	1125
Acier chromé à outil, non trempé	1048
Acier V, au tungstène	1055

TABLEAU II.

Éprouvette de $17^{cm^3},8$. — *Charge de* $3^g,55$. — *Poudre* VF — $\Delta = 0{,}2$, *avec mesure des pressions au moyen d'un appareil crusher.*

NATURE DU MÉTAL.	ÉROSIONS OBSERVÉES.	PRESSION MAXIMUM.
	mm^3	
Fer BFM	68, 2	2474
Fer de Suède	75, 0	2602
Acier ECR (2 p. 100 chrome) 0,10 C.	75, 5	2500
Acier doux n° 1	78, 7	2407
Acier à canon	84, 5	2509
Acier à canon	83, 2	2370
	83, 6	2597
Acier C_6 (2 p. 100 chrome) 0,40 C.	83, 8	2504
Acier CF_{10} (1 p. 100 Cr, 2 p. 100 Ni).	83,97	2625
Acier C_1 (2,5 Cr)	88, 0	2430
Acier RF_9 (2 p. 100 Cr, 4 p. 100 Ni).	89, 5	2504
Acier V_1 (2,7 Tu)	95, 1	2333
Acier 766 (13,14 Ni), non recuit.	95, 1	2467
Acier C_3 (3,5 Cr)	98, 5	2509
Nickel pur	104, 6	»
Acier 766 (13,14 Ni), recuit	106, 7	2375
Acier 836 (24,0 Ni), recuit	107, 1	2430
Acier 836 (24,0 Ni), non recuit	111, 5	2509
Acier 851 (26,64 Ni)	116, 9	2453
Fonte douce	131, 0	2532
Acier 850 (43,44 Ni)	134, 9	2485

Ces nombres donnent lieu aux remarques suivantes :

1° Parmi les métaux et alliages du groupe du fer, le fer pur et les aciers à très faible taux de carbone 0,1 à 0,15 donnent les érosions minima (*Tableau II*, $68^{mm^3},2$ *à* $78^{mm^3},7$).

De petites proportions de chrome, de manganèse, de nickel et de tungstène, au moins en présence de taux de carbone de 0,4 à 1,00, n'améliorent pas la résistance à l'érosion.

Les grandes teneurs de nickel accroissent dans de fortes proportions la facilité d'érosion, qui dépasse pour les alliages riches celle que présente le nickel pur.

2° L'influence de la trempe et de toutes les propriétés mécaniques acquises à la température ordinaire par l'effet de traitements convenables est sensiblement nulle au point de vue érosif.

3° Le classement des métaux, au point de vue de la facilité d'érosion par un même explosif, paraît réglé par leur température de fusion.

C'est ainsi que le fer pur, à l'une des extrémités de l'échelle et avec la température de fusion de 1600° environ, est suivi des aciers à faible taux de carbone, puis des aciers à forte teneur en carbone, et que la fonte douce occupe l'autre extrémité de l'échelle avec un point de fusion de 1220° environ.

Je reviendrai sur cette question des températures en discutant le mécanisme de l'érosion.

Métaux et alliages n'appartenant pas au groupe du fer. — Il a paru utile d'étendre les mesures de facilité d'érosion à des métaux autres que le fer et ses dérivés, moins en vue d'une application pratique à la construction des armes, par exemple sous forme de dépôt superficiel, que pour mettre en évidence d'une façon plus nette les éléments qui interviennent d'une façon prépondérante dans le phénomène d'érosion.

C'est dans ces comparaisons relatives à des métaux de densités très différentes qu'il est indispensable d'évaluer ces érosions en volume, ainsi que nous l'avons fait dès le début de cette étude.

Les mesures ont porté sur le platine pur, le platine iridié, le cuivre rouge sous diverses variétés, l'argent pur, l'argent allié au cuivre $\frac{937}{1000}$, le bronze, le laiton, le zinc et l'aluminium.

Le Tableau suivant renferme les résultats obtenus sur ces métaux et sur le fer pur pris comme terme de comparaison, dans l'éprouvette de $17^{cm^3},4$ avec une charge de poudre VF (*Balistite à* 50 *pour* 100 *de nitroglycérine*) fournissant une pression maximum de 2500^{kg} environ par centimètre carré.

NATURE DU MÉTAL.	POIDS SPÉCIFIQUE.	ÉROSION en millimètres cubes.	PRESSION maximum.	TEMPÉRATURE de fusion.
		mm^3		
Platine pur.....	21, 5	59,1	//	1800
Platine iridié.....	21, 5	73,7	//	//
Cuivre rouge commercial.	8, 9	90,8 61,6 79,7 48,7	//	1054
Cuivre rouge pour cylindres crushers.....	//	98,8	2426	//
	//	100,0	2592	//
Argent pur.....	10,53	230,8	2588	954
Argent $\frac{833}{1000}$.....	10, 5	268,4	2511	//
Bronze.....	//	278,8	2546	//
Laiton.....	8,40	326,0	2578	1015
Zinc.....	7,15	1017,9	2462	412
Aluminium.....	2,60	2169 2307	2044 2059	625
Fer pur.....	7, 8	68,2	2474	1600

Si l'on considère tout d'abord les métaux purs à l'exclusion des alliages de bronze et laiton, on voit que les érosions croissent dans l'ordre inverse des températures de fusion, sauf pour l'aluminium, qui présente une facilité d'érosion double de celle du zinc, bien que son point de fusion soit plus élevé. Mais il convient de remarquer que ce métal présente, au voisinage de son point de fusion, une désagrégation spéciale qui joue sans doute un rôle prépondérant dans la facilité d'entraînement des couches réchauffées par la veine gazeuse.

C'est sans doute également à la structure particulière des alliages tels que le laiton, structure signalée par les travaux de M. Charpy, qu'on doit attribuer la facilité d'érosion qu'ils présentent et qui est supérieure à celle que ferait prévoir leur point de fusion.

Le platine pur donne lieu aux érosions minima en volume,

mais il ne présente, par rapport au fer pur, qu'une supériorité bien faible, et, si l'on tient compte du poids de substance enlevé, il donne lieu à des pertes deux à trois fois supérieures.

Le cuivre rouge présente une facilité d'érosion de l'ordre de celle des aciers, et c'est sans doute en raison des facilités qu'il offre pour la réparation des grains de lumière que son emploi s'est généralisé pour cet usage.

En résumé, ces expériences comparatives ne permettent de prévoir ni dans les métaux du groupe de fer, ni dans les métaux usuels ou rares, qu'il soit possible de trouver un corps présentant une supériorité au point de vue de la résistance à l'érosion sur les aciers à faible taux de carbone généralement employés à la construction des armes de petit calibre et des bouches à feu.

C'est dans l'explosif et non dans le métal de l'arme qu'il faut chercher le remède aux inconvénients signalés.

CHAPITRE III.

INFLUENCE DE LA NATURE DES EXPLOSIFS SUR LA GRANDEUR DE L'ÉROSION.

Les expériences préliminaires relatives à l'étude de la méthode d'essai ont déjà mis en évidence l'influence considérable qu'exerce sur la grandeur de l'érosion la nature de l'explosif.

Ces essais ont été étendus aux principales poudres balistiques en usage dans les armements européens et aux explosifs usuels. Dans tous les cas les matières étaient mises sous la forme de poudres vives, de façon à satisfaire à la condition fondamentale, établie au Chapitre I, que la pression maxima observée avec fuite fût toujours très voisine de la pression normale en vase clos correspondant à la densité de chargement adoptée.

Les expériences les plus étendues ont été effectuées dans l'éprouvette de $17^{cm^3},8$ avec le grain d'acier à canon. Quelques essais ont été également faits dans l'éprouvette de 75^{cm^3} et la grande bombe de 343^{cm^3}.

Poudres colloïdales au coton-poudre pur. — On a expérimenté trois types de poudres différant par la vivacité, savoir : les poudres T *bis* pour revolver, T pour fusils de chasse, BF pour fusil de guerre de petit calibre.

Poudres colloïdales à base de nitroglycérine. — Les essais ont porté sur les poudres :

1° VF *bis* poudre pour revolver de grande vivacité, VF poudre pour fusil de guerre. Ces poudres du type balistite renferment 50 pour 100 de nitroglycérine et 50 pour 100 de coton-poudre à haute nitration; elles sont gélatinisées à l'éther acétique.

2° CF poudre à fusil de guerre du type cordite anglaise renfermant 57 de nitroglycérine, 5 de vaseline et 38 de coton-poudre de haute nitration, gélatinisé à l'acétone.

3° Solénite italienne. Poudre à fusil renfermant seulement 34 pour 100 de nitroglycérine, 63 pour 100 de coton-poudre et 3 pour 100 d'hydrocarbure.

Poudres noires. — Les expériences ont été faites :

1° Sur la poudre de chasse forte n° 4 de fabrication française, renfermant 78 de salpêtre, 10 de soufre et 12 de charbon.

2° Sur la poudre à fusil F_3 au dosage de 75 de salpêtre, 10 de soufre et 15 de charbon.

Explosifs divers. — Dynamite-gomme de Cugny, renfermant 94 pour 100 de nitroglycérine et 6 pour 100 de coton-poudre soluble.

Dynamite de Vouges à 75 pour 100 de nitroglycérine et 25 pour 100 de kieselguhr.

Nitromannite, dérivé hexanitré de la mannite granulée sous forme de poudre vive.

Nitroguanidine (1) pulvérulente strictement agglomérée de façon à faciliter la combustion naturellement lente de cette substance.

Le Tableau suivant renferme les résultats obtenus dans l'éprouvette de $17^{cm^3},8$ avec des grains d'acier à canon percés d'un canal de 1^{mm} de diamètre et de 40^{mm} de longueur.

(1) Les dérivés de la guanidine ont été l'objet, depuis une dizaine d'années, d'une préparation industrielle, notamment en Allemagne. C'est ainsi que le nitrate de guanidine, la nitroguanidine ont été proposés en France aux services de la Guerre dès l'année 1896 par MM. Pelliot et Hoffmann et en 1898 par M. Flandrak, à la suite des perfectionnements de fabrication introduits en Allemagne par M. le Dr Flemming. La nitroguanidine a été notamment proposée pour stabiliser le coton-poudre et abaisser les températures de combustion (*Zeitschrift für angewandte Chemie*, t. XLVI, 1898). La fabrication et les propriétés des dérivés de la guanidine ont été l'objet, en France, de recherches très étendues de la part de M. l'ingénieur Patart.

Éprouvette de $17^{cm^3},8$.

POUDRES.	CHARGE.	PRESSION.	EROSION.	ÉROSION par gramme.		FORCE.	TEMPÉRATURES.
Poudres colloïdales au coton-poudre pur :							
T *bis*.....	3,55	<2528	mm^3 26,4		mm^3 7,4		2676°
T	3,55	<2588	23,1		6,5		Ce nombre résulte des expériences de mesures de pressions en vase clos effectuées au Laboratoire central.
BF.....	3,45	2403	20,3	5,88	6,4	9600	
	3,50	2361	22,7	6,58			
	3,55	2224	24,7	6,96			
	3,55	2253	25,5	7,19			
	3,55	2143	20,1	5,66			
Poudres colloïdales à base de nitroglycérine :							
VF *bis*.....	3,55	2597	83,6		23,5		3384°
VF.....	3,47	2509	84,5	24,3	24,3	10000	Ce nombre résulte des expériences de mesures de pression en vase clos effectuées au Laboratoire central.
	3,51	2370	83,2	23,7			
	3,55	2542	90,2	25,42			
	3,55	2360	85,9	24,2			
	3,55	2416	84,5	23,8			
Cordite.....	3,55	2500	64,2		18,1	10000	
Solénite.....	3,55	2449	48,9		13,8	10000	
Poudres noires :							
Poudre F_3.....	10,00	2167	22,3		2,2	3000	2910 (M. Sarrau)
Poudre de chasse.....	8,88	1958	40,0		4,5	3000	3530 (M. Sarrau)
Explosifs divers :							
Dynamite-gomme.....	3,35	2458	105,0		31,4	10000	3545 (M. Sarrau)
Dynamite 75 pour 100....	3,35	2084	60,3		18,0	8000	3161 (M. Sarrau)
Nitromannite.....	3,54	2361	83,5		23,6	10000	3429 (M. Sarrau)
Nitroguanidine.....	3,90	2019	8,8		2,3	9000	907 Température déduite des expériences de M. Patart.

1° Si l'on compare tout d'abord les poudres balistiques de forces voisines, on voit que ces poudres sont d'autant plus érosives que leur température de combustion est plus élevée.

Les poudres VF du type balistite sont environ quatre fois plus érosives que les poudres colloïdales au coton-poudre pur, mais

leur température est de 700° supérieure à celle de ces dernières poudres.

La cordite anglaise, malgré un taux élevé de nitroglycérine (57 pour 100), dont la température est réduite par l'addition de 5 pour 100 de vaseline, a un pouvoir érosif moindre que celui des balistites, mais encore deux fois et demie à trois fois plus fort que celui des poudres au coton-poudre pur.

La solénite italienne, pour laquelle le taux de nitroglycérine est réduit à 34 pour 100, est encore deux fois plus érosive que les poudres du type BF.

Enfin, pour la nitroguanidine, dont la température de combustion est de l'ordre de 1000°, le pouvoir érosif s'abaisse au tiers de la valeur correspondant aux poudres BF. L'abaissement extrême de ce coefficient peut en outre, dans une faible mesure, être attribué à la force un peu plus faible de cette substance et à son mode de combustion un peu lent.

2° Si des poudres balistiques nous passons aux explosifs proprement dits de même force, nous trouvons que les substances à haute température de combustion présentent les pouvoirs érosifs maxima. La dynamite-gomme, qui est le plus fort et le plus chaud des explosifs, est aussi le plus érosif de toute la série.

3° Les résultats fournis par le groupe des poudres noires ne sont pas directement comparables à ceux qui sont obtenus avec les poudres plus fortes. Le rapport des forces est de 3 environ, de sorte que la densité de la veine gazeuse s'écoulant sous la même pression est environ triple, dans le cas des poudres noires, de la densité des produits fournis par les poudres B ou balistites. Comme le débit varie comme la racine carrée de la densité, il faudrait doubler environ les coefficients érosifs par gramme de la poudre noire pour les comparer dans des conditions de fonctionnement balistiques similaires de ceux des poudres fortes. Mais, si l'on compare les coefficients érosifs des poudres noires entre eux, cette difficulté disparaît et l'on trouve une confirmation bien remarquable de l'influence de la température sur la valeur de l'érosion.

La poudre F_3 et la poudre de chasse diffèrent par le dosage : 75-10-15 pour la première, 78-10-12 pour la seconde. Leurs

forces sont très voisines. Mais la quantité de chaleur dégagée par la poudre F_3 est beaucoup plus petite et le volume gazeux beaucoup plus grand que les éléments correspondants pour la poudre de chasse. Ce point a été établi par les expériences de Noble et Abel. Les températures de combustion calculées par M. Sarrau, d'après les données thermochimiques de M. Berthelot, sont respectivement de 2910° et 3530°.

Or, les coefficients érosifs de ces poudres de même type et balistiquement équivalentes varient du simple au double.

Ainsi donc, tandis que les variations les plus étendues dans la composition des métaux utilisables dans la fabrication des armes ne nous avaient fourni que des modifications secondaires du coefficient érosif, le changement du type explosif nous permet, pour des forces sensiblement égales, de faire varier dans le rapport de 1 à 10 ou 15 le pouvoir érosif, et c'est la température de combustion qui apparaît comme l'élément déterminant du phénomène.

J'ai cherché à confirmer ces conclusions par quelques essais effectués sous les mêmes pressions maxima, mais à des charges beaucoup plus fortes dans les éprouvettes de 75^{cm^3} et 343^{cm^3}.

Les résultats obtenus sont contenus dans les Tableaux suivants :

POUDRES.	CHARGES.	ÉROSION.	ÉROSION par gramme.	TEMPÉRATURE.
Éprouvette de 75$^{cm^3}$. Acier à canon.				
BF	14^{g},66	109,2 cm^3 105	7,45 7,30	2676°
VF	14,66	322	21,96	3384
Nitroguanidine pure.	18,11	41,5	2,29	907
Éprouvette de 343$^{cm^3}$. Acier à canon.				
BF	69,08 69,17 68,99	383 392 374	5,54 5,67 5,42	2676
Cordite	69,17	738	10,7	
VF	69,17	1014	14,7	3384
Poudre F_3	172,5	427	2,47	2910
Poudre de chasse	172,5	715,4	4,15	3530

Ces nouvelles séries confirment dans leurs points essentiels les conclusions tirées des résultats de la première série.

Le classement des poudres BF, cordite, VF reste le même et avec des rapports de pouvoirs érosifs de même ordre que ceux qui ont été fournis par la bombe de 17^{cm^3}.

La nitroguanidine conserve dans la bombe de 75^{cm^3}, à la charge quintuple, un coefficient érosif extrêmement faible égal au tiers de celui qui correspond aux poudres BF.

Enfin les deux types de poudres noires donnent, dans la bombe de 343^{cm^3}, comme dans l'éprouvette de $17^{cm^3},8$ à des charges vingt fois plus faibles, des coefficients érosifs variant du simple au double pour un accroissement de 600° dans les températures de combustion.

Les différences dans les valeurs absolues des coefficients érosifs obtenus avec une même poudre dans les diverses bombes s'expliquent, ainsi qu'il a été établi au Chapitre I, par l'accroissement du diamètre du canal de fuite et l'abaissement du rendement qui en résulte; je ne reviendrai pas sur cette question.

Application à l'atténuation du pouvoir érosif de poudres existantes. — Les résultats qui précèdent permettent de prévoir que, par l'association de poudres très érosives avec des matières très faiblement érosives du type de la nitroguanidine, on peut obtenir des produits présentant un pouvoir érosif intermédiaire qu'il sera possible de graduer à volonté par la proportion des composants. J'ai expérimenté, dans cet ordre d'idées, divers mélanges de poudres B, de cordite et de balistite avec la nitroguanidine.

C'est spécialement en vue de ce genre de recherches portant sur des échantillons restreints préparés au laboratoire qu'une méthode d'essai limitant les charges à de faibles valeurs est indispensable.

Le Tableau suivant donne les pouvoirs érosifs de ces divers échantillons préparés par malaxage et étirage sous forme de poudres vives utilisables dans des armes de petit calibre.

NATURE DES ÉCHANTILLONS.	CHARGES.	PRESSION.	ÉROSION.	ÉROSION par gramme.
	g	kg	mm³	mm³
BF	3,52	2277	20,7	6,4
Mélange { 7o Poudre BF / 3o Nitroguanidine }	3,74	2407	20,4	5,45
Mélange { 5o Poudre BF / 5o Nitroguanidine }	3,43	2124	11,8	3,44
Cordite	3,55	2500	64,2	18,1
Mélange { 7o Cordite / 3o Nitroguanidine }	3,55	2407	46,2	13,0
Mélange { 5o Cordite / 5o Nitroguanidine }	3,55 3,55	2244 2375	26,1 30,0	7,37 8,44
VF Balistite	3,53	2466	85,3	24,3
Mélange { 7o Balistite / 3o Nitroguanidine }	3,55	2706	50,4	14,2
Mélange { 5o Balistite / 5o Nitroguanidine }	3,55	2435	27,8	7,8

On voit que par l'incorporation de 5o pour 100 de nitroguanidine les types de poudres balistite et cordite peuvent être ramenés à donner des érosions du même ordre que celles des poudres BF.

Le même traitement appliqué aux poudres BF permettrait de réduire à moitié leur pouvoir érosif déjà très faible, si cette modification était jugée nécessaire, par exemple en vue de quelque application à des armes automatiques destinées à tirer un nombre considérable de coups.

L'exactitude de cette dernière conclusion a été vérifiée dans des expériences à forte charge effectuées dans l'éprouvette de 75$^{cm^3}$. Le Tableau suivant rapproche les érosions observées avec la poudre BF et le mélange de cette poudre avec 5o pour 100 de nitroguanidine.

Éprouvette de 75$^{cm^3}$. Grain d'acier à canon.

NATURE DES POUDRES.	CHARGE.	ÉROSION.	ÉROSION par gramme.
	g		mm³
BF	14,66	107,1 moyenne.	7,4 moyenne.
Mélange { 5o BF / 5o Nitroguanidine. }	14,79	{ 77,0 68,6	5,2 4,6

L'abaissement du pouvoir érosif reste à charge quintuple de même ordre que dans les essais à faible charge effectués dans l'éprouvette de $17^{cm^3},8$.

En résumé, nous avons établi, dans ce Chapitre, que la température de décomposition de l'explosif joue, dans les phénomènes d'érosion, un rôle prépondérant.

L'association d'explosifs de pouvoirs érosifs très différents permet de réduire à une valeur intermédiaire quelconque le pouvoir érosif des mélanges.

L'artillerie dispose dès aujourd'hui d'explosifs de forces similaires dont les pouvoirs érosifs varient de 1 à 10.

CHAPITRE IV.

MÉCANISME DE L'ÉROSION.

Des expériences relatées dans les Chapitres qui précèdent on peut déduire, en dehors des conséquences pratiques et balistiques déjà signalées, quelques conclusions relatives au mécanisme de l'érosion explosive.

Nous avons vu que le phénomène exige, pour se produire, que la fuite s'effectue sous des pressions initiales élevées impliquant des vitesses considérables de la veine gazeuse. L'érosion produite par une même masse gazeuse à haute température, sensiblement nulle sous des pressions de 100 atmosphères, croît d'abord rapidement avec la valeur de la pression d'écoulement, puis tend vers une limite qui est atteinte sous des pressions de l'ordre de 2000^{kg} environ, de telle sorte qu'une pression de 4000^{kg} n'accroît plus les pertes d'une façon sensible.

L'érosion explosive dépend donc, tout d'abord, d'une certaine action mécanique minima indispensable à sa production. Un deuxième élément, beaucoup plus important, intervient dans le phénomène : c'est la température de fusion du métal constituant le canal de fuite et la température de la veine gazeuse.

C'est ainsi qu'avec des poudres colloïdales du type balistite à 50 pour 100 de nitroglycérine, ou du type BF à la nitrocellulose pure, l'érosion croît dans le rapport de 1 à 15 ou 20 lorsqu'on substitue le zinc à l'acier à canon.

Et, d'autre part, l'érosion d'un même métal comme l'acier à canon passe du simple au décuple lorsqu'on substitue à un explosif à basse température de décomposition, tel que la nitroguanidine (1000° environ), un explosif du type balistite dont la température de combustion atteint 3400° environ.

On est donc conduit à considérer l'érosion explosive comme le produit d'une double action :

1° Le ramollissement du métal sous l'action d'un jet gazeux à

haute température, incessamment renouvelé et susceptible de fournir, malgré sa faible chaleur spécifique, la quantité de chaleur nécessaire à l'échauffement et au changement d'état du métal. On s'explique ainsi que les propriétés mécaniques si remarquables acquises par la trempe ou le recuit de certains métaux ou alliages soient de nul effet dans les phénomènes d'érosion, parce que ces différences de structure sont annulées dans la phase préparatoire de liquéfaction.

2° Une action mécanique assez intense pour expulser au dehors la couche superficielle du canal de fuite fondue ou ramollie.

La superposition de ces deux actions est indispensable. Dans une éprouvette close ou dans la fuite à basse pression, l'action mécanique fait défaut et la combustion des explosifs les plus chauds ne produit pas d'érosion.

Inversement, les explosifs à très basse température de décomposition ne donnent que des érosions négligeables sous les pressions les plus élevées, parce que l'action mécanique intense ne peut produire aucun effet sans le ramollissement simultané des surfaces.

En résumé, l'érosion explosive est comparable à l'expulsion de l'enduit liquide d'une pipette sous le souffle de l'opérateur. L'examen des phénomènes accessoires qui accompagnent l'érosion des grains métalliques confirme d'ailleurs cette interprétation.

Caractères physiques présentés par les grains érodés. — Un grain métallique percé d'un canal axial de 1^{mm} de diamètre et de 40^{mm} de longueur présente, après la fuite gazeuse, les caractères suivants :

Si les érosions sont faibles, le canal reste sensiblement cylin-

Fig. 9.

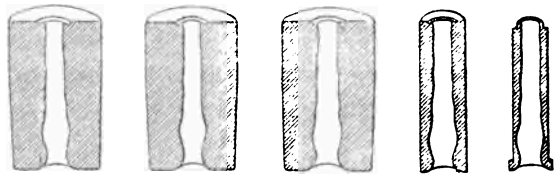
drique : toutefois, du côté de la charge, ce canal s'évase très légèrement, comme l'indique le croquis ci-dessus (*fig.* 9).

Du côté opposé, on observe un léger renflement conique s'élevant sur la base plane du grain; il est formé d'une agglomération de globules nettement visibles au microscope, formant une sorte de cône de déjection peu cohérent qui se désagrège par friction à l'ongle ou par une palette de bois.

Il est probable que ce dépôt, qui ne représente qu'une faible partie des matériaux enlevés, se forme dans la dernière phase de l'écoulement gazeux sous des pressions trop faibles pour expulser à distance les produits liquides ou pâteux.

Si l'érosion est rendue plus forte soit par l'accroissement de la charge, soit par la haute température de l'explosif, l'évasement du côté de la chambre à poudre s'accentue au point de former un véritable pavillon de cor de chasse : les filets gazeux s'engouffrent

Fig. 10.



alors dans le canal de fuite avec une convergence croissante, et l'on voit ce canal perdre la forme cylindrique pour prendre celle d'un chapelet d'ovoïdes séparés par une série de sections contractées équidistantes comme l'indiquent les photographies ci-dessus (*fig.* 10).

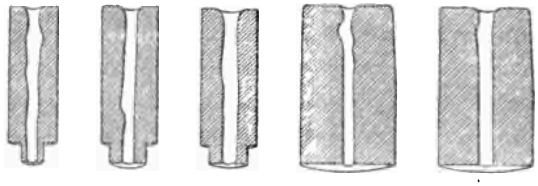
Ces figures présentent quelque analogie avec celles que la photographie instantanée permet d'obtenir dans l'écoulement de veines liquides : mais il ne semble pas que les mouvements vibratoires longitudinaux de la veine gazeuse puissent intervenir ici.

Il est plus naturel d'admettre que la convergence initiale des filets, croissant avec l'érosion du bord interne du canal, détermine des réflexions successives de la veine sur les parois. Ces points sont dès lors le siège d'échauffements et de corrosions maxima.

Tels sont les phénomènes normaux observables dans tous les cas où le métal est parfaitement homogène. Mais il n'est pas rare,

dans les alliages ou accidentellement dans des métaux simples présentant sans doute quelque défaut de structure, de voir l'érosion perturbée. On observe alors, sur le grain coupé en des points quelconques du canal de fuite, un ressaut brusque contre lequel

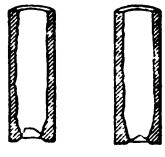
Fig. 11.



la veine gazeuse est venue se briser avec des remous entraînant la formation de poches de formes irrégulières (*fig.* 11).

Les érosions intenses obtenues dans les grains d'aluminium ont présenté des caractères particuliers. Au lieu de la série d'ovoïdes répartis sur la longueur du canal, on n'observe qu'une seule ca-

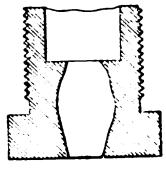
Fig. 12.



vité à la suite de la première section contractée de la veine et cette cavité s'étend sur toute la hauteur du grain qui se trouve réduit à une mince paroi métallique (*fig.* 12).

Les gaz sortant du canal de fuite possèdent encore une énergie considérable ; ils s'échappent au dehors à travers un tampon d'acier à canon fileté qui soutient le grain et est percé d'un canal large et

Fig. 13.

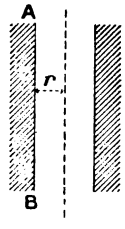


court de 10^{mm} de diamètre et de 30^{mm} de longueur. Bien que cette section soit cent fois plus grande que la section primitive du canal

de fuite, les parois du tampon sont profondément érodées aux fortes charges, comme l'indique le croquis ci-dessus (*fig.* 13).

Analyse du phénomène d'érosion. — Si l'on fait abstraction des perturbations attribuables au défaut d'homogénéité du métal, le phénomène d'érosion cylindrique peut être rapproché du phénomène de propagation de la chaleur dans un corps homogène pendant la période d'état variable. Mais il présente une complication particulière. En effet, par suite de l'élimination progressive

Fig. 14.



des parties du métal qui ont atteint la température de désagrégation par le souffle gazeux, la surface de réchauffement est constamment reportée sur la tranche qui vient d'être dénudée par le jet incandescent. Cette surface de réchauffement voyage donc dans l'espace avec la vitesse de propagation de l'érosion. Ces conditions semblent pouvoir s'exprimer par les relations analytiques suivantes.

Considérons à un instant t quelconque la surface cylindrique de rayon r (*fig.* 14) qui vient d'être dénudée par le jet gazeux. Cette surface est à la température θ_d de désagrégation. Elle est en contact avec des gaz à la température d'explosion θ_e. Par sa face droite, cette paroi reçoit par unité de surface dans le temps dt une quantité de chaleur proportionnelle à la différence des températures $\theta_e - \theta_d$ et à un coefficient de conductibilité extérieure h. Par sa face gauche, cette paroi cède la quantité de chaleur $-\mathrm{K}\frac{d\theta}{dr}dt$, K étant le coefficient de conductibilité.

On a donc comme condition à la surface

$$-\mathrm{K}\left(\frac{d\theta}{dr}\right)_{\theta_d} = h(\theta_e - \theta_d) \qquad (1)$$

qui correspond non à une abscisse fixe, mais à une valeur de $\theta = \theta_d$ déterminée.

Pour une grande valeur de r, on a d'ailleurs constamment

$$\theta = 0, \tag{2}$$

ce qui constitue une deuxième relation à la surface. Enfin, à l'origine du temps, la température θ_d est sur la surface cylindrique du canal de rayon r_0.

La quantité de chaleur cédée à une tranche d'épaisseur dr s'obtiendra en faisant la différence des flux de chaleur qui passent pendant le temps dt à travers les surfaces cylindriques extrêmes, et l'on écrira que cette quantité de chaleur sert à élever la température de la tranche.

Le flux à travers la surface de rayon r et de hauteur égale à l'unité est

$$-2\pi r \mathrm{K} \frac{d\theta}{dr} dt.$$

Le flux à travers la surface de rayon $r + dr$

$$-2\pi(r+dr)\mathrm{K}\left(\frac{d\theta}{dr} + \frac{d^2\theta}{dr^2} dr\right) dt.$$

La différence des flux est, en négligeant les infiniment petits d'ordres supérieurs,

$$2\pi r \left(\frac{d^2\theta}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d\theta}{dr}\right) \mathrm{K}\, dr\, dt.$$

La quantité de chaleur absorbée par la tranche pour élever sa température de $d\theta$ est

$$2\pi r\, dr\, c\delta \frac{d\theta}{dt} dt,$$

où δ désigne la densité de la matière et c une capacité calorifique qui comprendra toutes les transformations simultanées qui accompagnent l'élévation de température.

Il vient, en égalant la différence des flux à la quantité de chaleur absorbée,

$$\mathrm{K}\left(\frac{d^2\theta}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d\theta}{dr}\right) = c\delta \frac{d\theta}{dt}. \tag{3}$$

Cette équation, jointe aux équations de condition à la surface,

semble susceptible de déterminer la fonction $\theta = \varphi(r, t)$ ou $r = \psi(\theta, t)$.

La valeur $r = \psi(\theta d, t)$ fournirait alors le rayon du canal érodé en fonction de temps.

Sans aborder la solution analytique complète de ce problème, on peut faire les deux remarques suivantes :

1° La quantité de chaleur cédée à la surface dépend de l'excès de la température des gaz sur la température de désagrégation du métal, ce qui traduit le fait expérimental de l'influence prépondérante soit de la température de combustion de l'explosif, soit du point de fusion du métal; mais on voit que cette influence n'est pas unique, et elle est perturbée par la valeur relative des coefficients h et K.

2° L'équation (3) montre que la vitesse de réchauffement $\frac{d\theta}{dt}$, toutes choses égales d'ailleurs, est proportionnelle au coefficient $\frac{K}{c\delta}$, où c désigne une capacité calorifique dont la grandeur est beaucoup plus grande que la chaleur spécifique proprement dite, puisqu'elle comprend une transformation assurant la désagrégation de la masse. Il importe de remarquer que cette température n'est pas nécessairement la température de fusion normale.

M. Charpy a signalé, pour les alliages de laiton, cette perte progressive de résistance avec la température bien au-dessous du point de fusion proprement dit, et l'aluminium présente également des phénomènes de cet ordre qui peuvent concourir à sa facilité extraordinaire d'érosion.

Il semble donc que l'étude de la grandeur des phénomènes d'érosion, rapprochée de la valeur des points de fusion connus des métaux, puisse faire prévoir, par des anomalies de classement, des phénomènes préparatoires de désagrégation jusqu'ici peu connus.

Propagation de l'érosion dans un mur indéfini. — Je dois à l'amicale collaboration de M. Liouville la solution d'un cas particulier du problème de propagation plus simple que celui qui vient d'être posé. C'est le cas de l'érosion d'un mur indéfini dont la surface serait décapée par un courant gazeux à haute température.

Les conditions à la surface restent les mêmes, mais l'équation différentielle (3) devient

$$K\frac{d^2\theta}{dr^2} = c\delta\frac{d\theta}{dt},$$

en faisant usage des mêmes notations que plus haut et désignant par r le déplacement de la surface d'érosion suivant la normale à cette surface.

Posons

$$\frac{K}{c\delta} = A;$$

une intégrale de l'équation (3) est donnée sous forme exponentielle par l'expression

$$\theta = ce^{\frac{m^2 t}{A} - mr} \tag{4}$$

(où m et c sont des constantes arbitraires) qui satisfait à la condition à la surface

$$\theta = 0 \tag{2}$$

pour $r = \infty$.

La condition (1)

$$-\left(\frac{d\theta}{dr}\right)_{\theta_d} = \frac{h}{K}(\theta_e - \theta_d)$$

détermine m.

On a en différentiant (4)

$$-\left(\frac{d\theta}{dr}\right)_{\theta_d} = +m\theta_d = \frac{h}{K}(\theta_e - \theta_d), \qquad \text{d'où} \qquad m = \frac{h}{K}\frac{\theta_e - \theta_d}{\theta_d}.$$

On détermine c en prenant pour origine des temps le moment où la surface du mur d'abscisse initiale r_0 a pris la température θ_d de désagrégation

$$\theta_d = ce^{-mr_0}, \qquad \text{d'où} \qquad \theta = \theta_d e^{\frac{m^2 t}{A} - m(r - r_0)}.$$

La vitesse de propagation d'une température θ déterminée est donnée par la condition

$$\frac{m^2 t}{A} - mr = \text{const.},$$

$$\frac{m\,dt}{A} - dr = 0,$$

d'où

$$\frac{dr}{dt} = \frac{m}{A} = \frac{h}{AK}\,\frac{\theta_e - \theta_d}{\theta_d} = \frac{h}{c\delta}\,\frac{\theta_e - \theta_d}{\theta_d}.$$

On voit que la vitesse de propagation d'une température θ quelconque est constante.

Les hypothèses admises impliquent donc la propagation d'une onde calorifique avec la vitesse d'érosion.

Le profil de cette onde serait

$$\theta = \theta_d e^{-m(r-r_0)}.$$

On voit qu'elle se raccorde avec la surface d'érosion suivant une courbe dont la tangente, évaluée plus haut,

$$\left(\frac{d\theta}{dr}\right)_{\theta_d} = m\theta_d = \frac{h}{K}(\theta_e - \theta_d)$$

a une valeur considérable; la température de combustion des explosifs surpasse en effet, en général, de plusieurs milliers de degrés la température de transformation des métaux.

On voit également que, dans le cas du plan indéfini, la distance à la surface érodée d'un point atteint par une température donnée quelconque susceptible de produire une altération du métal est constante et indépendante de la grandeur de l'érosion.

La largeur de la zone de transformation serait donc constante.

Mais, si l'on passe du cas du plan à celui du cylindre, dont l'analyse est beaucoup plus compliquée, on voit facilement que la loi de décroissance des températures, suivant la normale à l'axe, est plus rapide pour un très petit canal cylindrique que pour un canal de grand rayon dont le fonctionnement se rapproche du plan.

Cette remarque tend à expliquer les valeurs différentes observées par M. Osmond pour la largeur des zones de trempe qui bordent les canaux de petit et de grand diamètre obtenus par l'action d'un même explosif sur un même métal.

Phénomènes chimiques accompagnant l'érosion. — Nous avons signalé la trempe superficielle constamment observée sur les parois métalliques soumises à l'action des explosifs usuels. Il semble même résulter d'observations d'atelier maintes fois répétées qu'à l'usage les surfaces internes des éprouvettes et des tam-

pons métalliques subissent une véritable cémentation qui leur permet d'acquérir une trempe de dureté beaucoup plus grande que celle qu'ils étaient primitivement aptes à recevoir. Ce fait peut être rapproché de dépôts de carbone superficiels qui accusent une notable dissociation des produits de combustion.

M. Osmond, à qui j'étais déjà redevable d'une importante série d'alliages de fer et nickel présentant des propriétés mécaniques particulières, a bien voulu soumettre à une étude micrographique de structure quelques échantillons de grains érodés.

Ses observations sont consignées dans la Note suivante que je transcris intégralement avec l'autorisation de l'auteur.

NOTE

SUR LA

TREMPE SUPERFICIELLE DE L'ACIER

SOUMIS A L'ACTION DES EXPLOSIFS;

PAR

M. OSMOND

Daubrée, au cours de ses expériences sur la synthèse des météorites, avait été conduit à introduire de minces feuilles d'acier dans une chambre close où de la poudre était allumée au moyen d'un courant voltaïque. L'acier fut retrouvé en partie fondu : la portion qui n'avait pas subi la fusion, de ductile était devenue élastique et parfois cassante, comme si elle avait reçu une forte trempe. Dans une autre expérience où la fusion avait été complète, une coupe du petit lingot, polie et attaquée par un acide faible, montra que la structure du métal n'était pas uniforme; les parties voisines de la surface se dessinaient nettement par une teinte particulière, suivant un liséré étroit. « Cette différence, dit l'auteur, donne l'idée d'une sorte de trempe qui correspondrait à un refroidissement très rapide de la partie superficielle; cependant, une action chimique exercée par le milieu ambiant y contribue peut-être. » Les fragments d'acier non fondus produits avec les gaz de la dynamite ont présenté un fait semblable (1).

(1) *Études synthétiques de géologie expérimentale.* Paris, 1879, p. 624 à 649

J'ai eu récemment l'occasion de vérifier ces observations de Daubrée. M. Vieille m'avait remis cinq cylindres d'acier primitivement traversés suivant leur axe par un étroit canal destiné à l'échappement des gaz de différentes poudres. En examinant la microstructure de ces cylindres sur une coupe passant par l'axe, j'ai immédiatement remarqué, le long des parois corrodées de leurs canaux d'échappement, un liséré fortement trempé.

L'échauffement et le refroidissement de ces lisérés ayant eu lieu dans des conditions particulières de pression et de rapidité, il était intéressant d'en faire une étude attentive.

Les cinq échantillons seront désignés par les lettres A, B, C, D, E.

A était de l'acier doux; les quatre autres de la nuance ordinairement employée pour la fabrication des canons. A et B avaient été simplement forgés ou laminés; C, D et E avaient subi un traitement après forgeage, probablement une trempe à l'huile suivie d'un revenu ou quelque chose d'équivalent.

Échantillon A. — Le liséré trempé se révèle dès le polissage par les papiers d'émeri, qui lui donnent un poli plus brillant. Le polissage final sur rouge fait naturellement disparaître la différence. Le polissage en bas-relief (*fig.* 1, 200 diam.) fait saillir partout des grains durs que la photographie montre sombres sur fond clair; mais, dans le liséré trempé, dont la largeur est d'environ $0^{mm},25$, ces grains durs ont un plus beau poli et un relief plus saillant; leur volume augmente à mesure qu'on se rapproche du bord corrodé et, à la limite, ils tendent à se confondre. Une attaque modérée par la teinture d'iode (*fig.* 2, 200 diam.) colore en brun foncé les grains durs de la masse principale, lesquels sont de la perlite passant plus ou moins à la sorbite; dans le liséré trempé, les grains de perlite sont brusquement remplacés par des grains équivalents de martensite ou de hardenite (si l'on conserve, comme l'a proposé M. H. Le Chatelier, le mot *hardenite,* primitivement créé par le professeur Howe, pour désigner la martensite saturée). Dans les conditions de l'attaque, la hardenite est peu colorée; quand on se dirige vers la surface, on trouve qu'elle se cercle de brun en se dilatant, comme le montre mieux la figure 3 (1000 diam.). Cette enveloppe brune, par sa position en bordure de la hardenite,

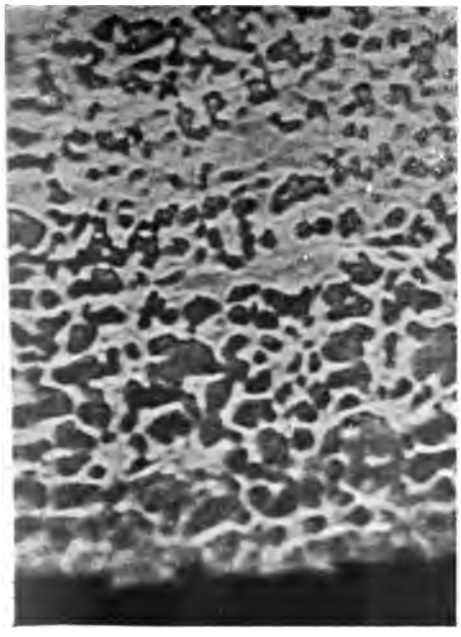


Fig. 1. — ECHANTILLON A.
Acier doux : Érosion par une poudre à base de nitroglycérine. 50 p. 100. Charge 69ᵍ,17.
Polissage en bas-relief (200 diam.).

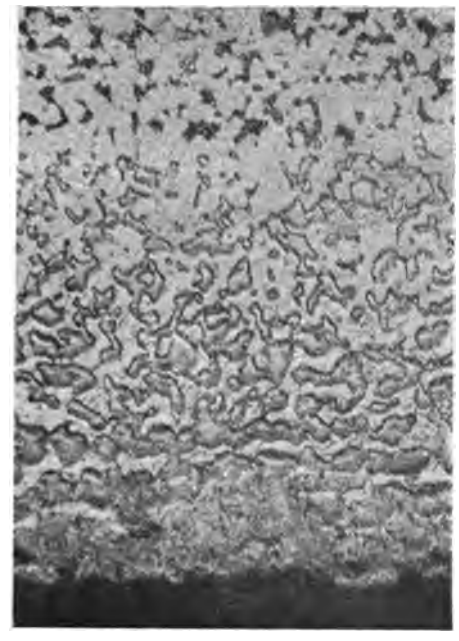


Fig. 2. — ECHANTILLON A.
Attaque par l'iode (200 diam.).

Fig. 3. — ECHANTILLON A.
Attaque par l'iode (1000 diam.).

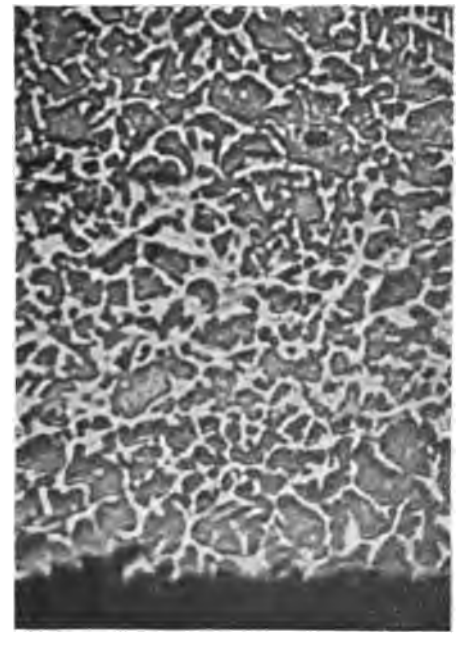


Fig. 4. — ECHANTILLON B.
Acier à canon : Érosion par une poudre nitrocellulose pure. Charge 3ᵍ,45.
Polissage en bas-relief (200 diam.)

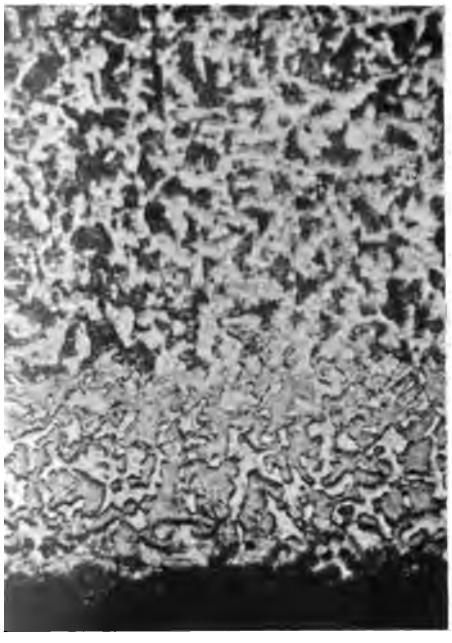


Fig. 5. — ECHANTILLON B.
Attaque par l'iode (200 diam.).

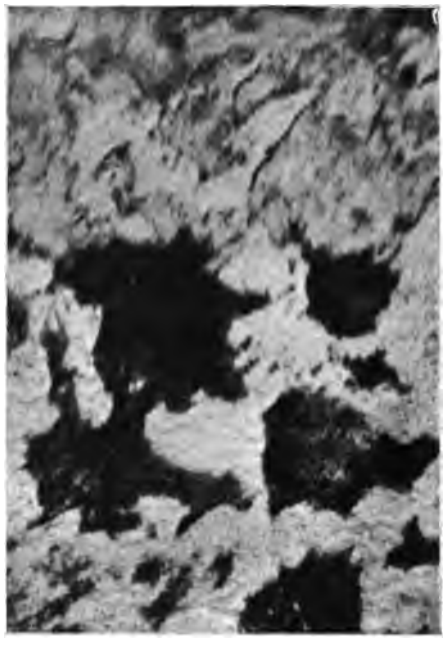


Fig. 6. — ECHANTILLON B.
Attaque par l'iode (1000 diam.).

Fig. 7. — ECHANTILLON C.
Acier à canon : Poudre à la nitrocellulose pure.
Charge 69ᵍ.
Attaque par l'iode (200 diam.).

Fig. 8. — ECHANTILLON D.
Acier à canon : Poudre nitroguanidine.
Charge 3ᵍ,50.
Attaque par l'iode (200 diam.).

correspond à la troostite, mais avec cette particularité qu'elle présente des traces d'aiguilles difficilement visibles sur la photographie et qui rappellent la structure de la martensite ; on est donc en présence d'une forme de transition secondaire, qui n'avait pas encore été décrite, entre la martensite et la troostite, et cette forme de transition répond à un commencement de diffusion du carbone de la hardenite dans la ferrite. Si l'on continue à se rapprocher du bord, la hardenite, qui formait le cœur des grains bordés, s'adoucit par suite de la diffusion croissante du carbone, et, pourvu que l'on pousse un peu l'attaque, la coloration brune envahit tout le grain, sans cependant que les formes caractéristiques de la martensite apparaissent nettement; ces formes ne se retrouvent que sur l'extrême bord de la surface corrodée, tout en restant relativement confuses et fines; mais la répartition du carbone n'est pas encore devenue homogène, comme on peut en juger d'après la figure 1 : le réseau clair qui continue jusqu'au bout à séparer les grains sombres représente de la martensite douce, qui passe progressivement à la martensite plus dure des noyaux.

Ces observations s'interprètent facilement. Les gaz, en s'échappant à une température très élevée et sous une haute pression, ont échauffé brusquement les parois du chenal et la température décroît très rapidement de la périphérie vers l'intérieur; puis, un refroidissement non moins brusque est intervenu, soit par le fait de la masse de l'acier qui n'avait pas eu le temps de s'échauffer, soit par suite de la détente des derniers gaz évacués. La ligne qui sépare le liséré trempé de la masse non trempée est celle dont la température avait atteint, à l'origine du refroidissement, le point Ac 3.2.1 de la perlite : les transformations du fer et du carbone ont eu lieu sur place; mais, sur cette ligne limite, le refroidissement a suivi de si près l'échauffement que la diffusion du carbone n'a même pas eu le temps de commencer et la perlite a donné de la hardenite. A mesure que l'on se rapproche du bord, on trouve des couches de métal qui ont subi des températures progressivement croissantes pendant des temps progressivement croissants, mais cependant toujours très courts; le carbone a commencé à se diffuser à partir des grains de hardenite et s'est diffusé de plus en plus, sans pourtant atteindre une répartition homogène dans la dernière couche conservée, puisque le réseau primitif de

ferrite y reste encore représenté par de la martensite douce. Les couches plus chaudes ont été emportées par les gaz.

Échantillon B. — Résultats analogues. La figure 4 (200 diam.) montre le résultat du polissage en bas-relief : la ferrite est plus rare que dans A, en raison de la teneur plus élevée en carbone : la zone trempée n'a que $\frac{1}{5}$ de millimètre et la couche à martensite pure n'y est pas représentée : le réseau de ferrite, bien que raréfié, s'étend jusqu'à la surface d'érosion. La figure 5 donne la même préparation légèrement attaquée par la teinture d'iode : la perlite apparaît sombre, tandis que la hardenite et la martensite sont peu colorées et que la ferrite reste blanche ou un peu granuleuse. Dans la figure 6 (1000 diam., attaqué par l'iode), on peut voir un grain mixte où la sorbite passe brusquement à la hardenite : immédiatement au-dessous, un grain montre les lamelles de la perlite, mais si fines que la phototypie ne pourra probablement pas les reproduire.

Échantillons C, D, E. — La masse de ces échantillons montrait la structure normale de l'acier à canons trempé à l'huile et revenu, c'est-à-dire des lambeaux ramifiés de ferrite sur un fond mal défini, qui représente les formes de transition entre la perlite et la martensite ou, plus exactement, entre la sorbite et la troostite. La surface d'érosion est bordée, comme dans les échantillons A et B, d'un liséré trempé; mais, comme la répartition du carbone, par suite du traitement antérieur, était relativement régulière avant le passage des gaz, la plus grande partie du liséré est ici formée de martensite.

La figure 7 correspond à l'échantillon C. La bande trempée a $0^{mm},25$ de largeur; l'attaque par la teinture d'iode étendue a laissé la martensite claire, tandis que la masse principale non modifiée s'est fortement colorée, à part les lambeaux de ferrite; ces derniers pénètrent jusqu'au tiers environ de la zone à martensite; à la limite de trempe, vers l'intérieur, on remarque une bande très sombre : cette bande représente la région où la température s'est trouvée portée, par le passage des gaz, exactement au-dessous des points critiques : la trempe n'était donc pas possible, mais

l'effet du traitement primitif de l'acier a été effacé dans une certaine mesure et le métal s'est rapproché de la sorbite.

La bande de sorbite se voit également sur la figure 8 de l'échantillon D (200 diam., attaqué par l'iode). La même photographie pourrait aussi représenter l'échantillon E. Le liséré trempé n'a ici que $\frac{1}{10}$ de millimètre et, comme la ferrite initiale était rare, il est formé presque exclusivement de martensite.

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION

DES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

PENDANT L'ANNÉE 1901 (1).

RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN 1901.

Ce rapport, établi conformément à l'article 4 du Décret constituant la Commission des substances explosives, comprend les objets suivants :

1° *Analyse des rapports adressés au Ministre pendant l'année* 1901;

2° *Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des rapports établis pendant l'année 1901.

RAPPORTS N^os^ 142 et 145. — *Au sujet des modifications à apporter au Décret du* 26 *janvier* 1887, *pour l'embarquement des explosifs à bord des paquebots.*

(Étude confiée à la 1^re^ section; rapporteur : M. LALUNE.)

Par dépêche n° 1143, du 10 février 1899, M. le Ministre de la Guerre a transmis à la Commission des substances explosives, pour examen et avis, une demande de M. le Ministre de la Marine, relative aux modifications qu'il y aurait lieu d'apporter au

(1) Voir 1 432, 2 573, 3 171, 4 205, 5 68, 6 211, 7 139, 8 60, 9 118, 10 17, 284 et 11 47 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1901.

Décret du 26 janvier 1887, pour l'embarquement des explosifs à bord des paquebots.

Dans plusieurs lettres adressées aux Ministres des Travaux publics et du Commerce, le Ministre de la Marine demandait que, parmi les cartouches visées dans la quatrième catégorie, fussent comprises et par suite classées comme munitions de sûreté, les douilles chargées et les cartouches d'exercice des canons à tir rapide de 47^{mm} et au-dessus.

En outre, M. le Ministre demandait, et c'est surtout cette question qu'il désirait voir trancher, si l'on ne pourrait porter à un chiffre beaucoup plus élevé, ou, mieux encore, supprimer la limite des poids de poudres et de munitions à embarquer, lorsqu'il s'agit d'envois faits par la Marine, pour constituer des approvisionnements dans les colonies ou pour ravitailler les bâtiments en campagne.

Dans son rapport n° **142**, du 10 janvier 1901, la Commission remarque que, d'après les règlements en vigueur, relativement à l'embarquement des explosifs à bord des paquebots, la quantité de poudre ou de munitions confectionnées qui peut être embarquée doit être limitée à 5250^{kg}, non compris les munitions de sûreté, celles-ci pouvant être embarquées sans limite de poids.

Depuis le Décret du 26 janvier 1887, des munitions nouvelles ont été introduites dans les approvisionnements et leur énumération est donnée dans le règlement du 12 novembre 1897, pour le transport par chemin de fer des matières dangereuses. Mais la définition des munitions de sûreté, donnée par ce règlement, est incomplète. Il ne suffit pas, en effet, pour qu'une munition soit de sûreté, qu'elle ne communique pas, ou qu'elle communique seulement d'une façon partielle et incomplète la détonation aux munitions voisines; il est nécessaire, en outre, qu'elle ne soit pas dangereuse par elle-même.

Il résulte des expériences portées à la connaissance de la Commission et de quelques autres faits observés depuis l'emploi des nouvelles poudres que, dans le cas de combustion spontanée de munitions confectionnées avec des poudres B, ces poudres fusent en dégageant une grande quantité de gaz, sans communiquer le feu aux autres poudres contenues dans la même caisse ou dans des caisses voisines placées au contact de la précédente.

La Commission émet l'avis qu'il y a beaucoup moins de danger à redouter avec les munitions nouvelles qu'avec 5250^{kg} de poudre noire et qu'en conséquence il n'y a pas lieu de limiter le poids de poudre B et des munitions confectionnées avec ces poudres, que la Marine est amenée à embarquer à bord des paquebots, mais il est bien entendu que, dans aucun cas, l'on ne devra embarquer, dans la même soute, des poudres B et des poudres noires.

D'autre part, dans son rapport n° 143, du 18 avril 1901, la Commission fait remarquer que, si toutes les expériences effectuées, soit par l'École de Pyrotechnie maritime, soit par la Commission d'expériences de Gâvres, ont montré que, dans le cas de la déflagration d'une douille de 65^{mm}, de 100^{mm} et de 138^{mm},6, la combustion était localisée à la douille elle-même ou à un nombre restreint de douilles voisines, sans jamais donner lieu à une déflagration en masse, il n'en est pas moins vrai qu'une seule douille chargée pourrait à elle seule, par sa combustion, donner lieu à des accidents.

Par suite, la Commission estime qu'il n'est pas possible de classer en quatrième catégorie (munitions de sûreté) les douilles métalliques chargées et les cartouches d'exercice des canons à tir rapide de 47^{mm} et au-dessus (obus lestés). Elle ajoute qu'il est bien entendu qu'en refusant aux munitions précédentes le qualificatif de *munitions de sûreté*, elle ne veut pas dire qu'elles soient particulièrement dangereuses, elle veut simplement exprimer que, dans les embarquements à bord des paquebots, ces munitions doivent être considérées comme poudres.

En outre, le Décret du 26 janvier 1887 comprenant *les cartouches de guerre métalliques à broche ou à percussion centrale chargées, pour armes portatives,* la Commission est d'avis que, sous cette rubrique, on doit comprendre, outre toutes les cartouches pour armes portatives, les cartouches métalliques pour tubes-canons qui peuvent leur être assimilées.

Rapport n° 144. — *Sur l'examen d'une demande pour la fabrication de deux types de dynamite dénommés* Gomme D *et* Gomme E.

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. Lheure.)

Par dépêche du 9 janvier 1900, le Ministre de la Guerre a

soumis à l'examen de la Commission une demande de la Société Générale pour la fabrication de la dynamite, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer, dans ses usines de Paulilles et d'Ablon, deux types de dynamites dénommés *Gomme D* et *Gomme E*, aux dosages suivants :

Gomme D	Nitroglycérine	69,50	100
	Salpêtre	24,75	
	Coton azotique	5,50	
	Carbonate de soude	0,25	
Gomme E	Nitroglycérine	49	100
	Coton azotique	2	
	Nitrate de soude	36	
	Farine de bois	10	
	Farine de blé	3	

Le Ministre invitait la Commission à faire connaître son avis sur la suite dont cette demande était susceptible.

Les gommes D et E présentées ne diffèrent guère de certains explosifs dont la fabrication a déjà été autorisée et rentrent dans la catégorie des dynamites gélatinées qui, d'après l'expérience acquise, présentent une sécurité suffisante dans la fabrication, la manipulation et l'emploi, lorsque la pureté et la stabilité des matières premières employées sont assurées et que l'état physique du produit lui permet de résister aux causes normales d'exsudation.

Le contrôle constant exercé par les agents des Poudres et Salpêtres employés dans les dynamiteries et la livraison par l'État des cotons azotiques constituent des garanties suffisantes de la pureté des matières premières employées.

En ce qui concerne la résistance à l'exsudation, la Commission a fait exécuter, sur les cartouches d'Ablon et de Paulilles, les expériences ordinaires instituées dans le but d'étudier l'influence de l'humidité et de la chaleur.

Ces différentes expériences exécutées par la Commission, sur les cartouches reçues d'Ablon et de Paulilles, ont montré que ces dynamites présentent les garanties nécessaires pour une bonne conservation.

La Commission estime, en conséquence, que la fabrication des gommes D et E peut être autorisée sous la condition ordinaire

que les matières employées soient mises, par leur mode d'emballage, à l'abri de l'humidité.

Pour la gomme D, il n'y a pas lieu d'imposer des précautions spéciales d'emballage, mais la gomme E, qui renferme du nitrate de soude hygrométrique, devra être pourvue d'un encartouchage étanche très soigné, analogue à celui des échantillons envoyés à la Commission.

RAPPORT N° 146. — *Sur l'examen d'un nouvel explosif breveté de la Société française des explosifs.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. LHEURE.)

Par dépêche du 22 septembre 1899, le Ministre de la Guerre avait soumis à l'examen de la Commission une demande de la Société française des explosifs, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer un nouveau type de dynamite dénommé *Grisoutine-gomme de Cugny*.

La Commission, dans son Rapport n° 135 du 8 mars 1900, avait émis l'avis qu'il n'y avait pas lieu d'accorder cette autorisation à cause de la faible stabilité et de l'hygrométricité des échantillons qui lui avaient été soumis.

La Société française des explosifs, après avoir discuté les motifs de l'avis émis par la Commission, a demandé à présenter de nouveaux échantillons, pensant que, dans la préparation des premiers, toutes les recommandations de l'inventeur avaient pu n'être pas observées.

Le Ministre de la Guerre, par dépêche du 11 décembre 1900, a soumis à l'examen de la Commission les nouveaux échantillons présentés par la Société française des explosifs.

La Commission a procédé à l'étude de ces nouveaux échantillons, qui présentaient le dosage suivant :

Nitroglycérine	30,0	100
Coton soluble	1,0	
Essence de térébenthine	3,5	
Sulfate de magnésie	25,0	
Carbonate de soude	0,5	
Azotate de potasse	40,0	

Cette composition diffère légèrement de celle de l'explosif primitif; la modification principale consiste dans la diminution du

taux d'essence de térébenthine (3,5 pour 100 au lieu de 4 pour 100).

La Commission a soumis les échantillons qui lui avaient été adressés à des expériences concernant la détonation à l'air libre et dans des trous de mine, puis à des épreuves concernant la résistance à l'action de l'humidité et de la chaleur.

Les essais ont montré que les nouveaux échantillons de grisoutine brevetée ne présentent pas les avantages indiqués par la Société française des explosifs, mais possèdent une stabilité suffisante quand ils sont convenablement préparés.

Dans ces conditions, la Commission a été d'avis que la fabrication de la grisoutine-gomme brevetée peut être autorisée, pourvu toutefois :

1° Que la fabrication courante soit conduite avec autant de soin que la préparation des derniers échantillons;

2° Que le nouvel explosif soit muni d'un encartouchage étanche, comme les grisoutines actuelles au nitrate d'ammoniaque.

Quant à l'emploi de cette grisoutine dans les mines à grisou, la Commission croit devoir faire toutes réserves, la composition de l'explosif ne permettant pas d'affirmer que sa température de détonation sera dans tous les cas inférieure à 1500°.

Revue des travaux effectués pendant l'année.

Les travaux de la Commission, pendant l'année qui vient de s'écouler, ont porté sur un certain nombre d'études dont quelques-unes sont actuellement terminées et les autres restent en cours d'exécution.

Ces études sont désignées ci-après :

ÉTUDE N° 141.

Projet de modification du Décret du 26 janvier 1887 relatif à l'embarquement des poudres et munitions à bord des paquebots.

Cette étude est terminée par les rapports n^{os} 142 et 145, analysés plus haut.

ÉTUDE N° 146.

Examen d'un nouvel explosif, breveté, de la Société française des explosifs.

Cette étude, qui avait fait l'objet, en 1900, du rapport n° 135, a été reprise en 1901, sur de nouveaux échantillons, et se trouve terminée par le rapport n° 146 analysé plus haut.

ÉTUDE N° 157.

Étude des engins explosifs destinés à écarter la grêle.

La Commission s'est, dans ses premières recherches, limitée presque exclusivement à l'étude des divres types de canons présentés pour les tirs contre la grêle et des moyens convenables pour en obtenir un fonctionnement assuré. La substitution d'une poudre spéciale, du type des poudres de commerce extérieur, aux poudres de démolition jusqu'à présent employées, les recherches concernant les portées atteintes par les mouvements tourbillonnaires produits par le tir des canons, dans l'atmosphère, sont les points actuellement à l'étude dans cette question. Chacun d'eux pourra faire l'objet d'un rapport distinct, à mesure que les essais correspondants seront terminés.

ÉTUDE N° 158.

Examen d'un nouvel explosif de mine du type C.

Cette étude est actuellement terminée; elle a fait l'objet d'un rapport qui a été adressé au Ministre et qui sera analysé dans le prochain Compte rendu.

ÉTUDE N° 159.

Étude des effets des explosions de dynamite.

La Commission a réuni divers documents concernant des explosions de dynamite et les effets à distance qui ont été constatés. Elle a cherché, en vue de la préparation d'un programme des essais à faire pour l'étude de la question qui lui est soumise, quels appareils elle pourrait employer afin d'enregistrer et d'apprécier les effets à distance des explosions. Les manomètres et baromètres enregistreurs ont paru, dans quelques essais préliminaires, permettre de noter le passage d'une onde de pression, à

quelque distance d'une bouche à feu tirant des charges modérées. Il y a lieu de penser que les expériences, qui se continuent dans cette voie, donneront les moyens d'étudier le mode de propagation à distance des ondes produites par l'explosion de grandes quantités d'explosifs et feront connaître la loi suivant laquelle les effets constatés varient avec les quantités d'explosif et les distances au centre d'explosion.

ÉTUDE N° 160.

Examen d'une demande pour la fabrication de deux types de dynamite dénommés « Gomme D » et « Gomme E ».

Cette étude est terminée et a donné lieu, au cours de l'année 1901, au rapport n° 144 analysé plus haut.

ÉTUDE N° 162.

Examen des bougies portatives à feux rouges de Bengale de la maison Berthier et Cie.

Des essais ont été faits en vue de comparer les bougies Lamouroux, fabriquées par la maison Berthier et Cie, à des artifices de même nature existant dans les approvisionnements de la Guerre. Ces derniers artifices, connus sous le nom de *flambeaux Lamarre,* paraissent supérieurs aux bougies Lamouroux. Le rapport sur cette question sera soumis au Ministre très prochainement.

ANNEXE.

CHANGEMENTS SURVENUS DANS LE PERSONNEL DE LA COMMISSION PENDANT L'ANNÉE 1901.

La composition de la Commission des substances explosives (1) a subi, pendant l'année 1901, les modifications suivantes :

Par dépêche du 4 janvier 1901, le Ministre de la Guerre a informé la Commission que M. ANGOT, professeur à l'Institut agronomique, était désigné pour faire partie de la Commission, comme membre adjoint et temporaire, en remplacement de M. ANDRÉ, précédemment nommé à cet emploi.

Par décision ministérielle du 9 mars 1901, M. le capitaine du génie VERNIER a été nommé membre de la Commission des substances explosives, en remplacement de M. le commandant CRÉ appelé à d'autres fonctions.

Par décision ministérielle du 10 juin 1901, M. le général NAQUET-LAROQUE a été nommé membre titulaire de la Commission, en remplacement de M. le général RICQ, passé dans la 2e section du cadre de l'État-Major de l'armée.

Par décision ministérielle du 2 septembre 1901, M. le chef d'escadron d'artillerie VALLIER a été désigné pour faire partie de la Commission, en qualité de membre adjoint.

Par décision ministérielle du 28 avril 1901, M. le capitaine du génie FLEURI a été désigné pour faire partie de la Commission, en qualité de membre adjoint, en remplacement de M. le capitaine VERNIER, appelé à d'autres fonctions.

Enfin, par décision ministérielle du mois de décembre 1901, M. l'ingénieur en chef BRULEY, ayant été appelé à la direction de la poudrerie de Sevran, a été nommé membre titulaire de la Commission, en remplacement de M. MORIN, nommé inspecteur général des Poudres et Salpêtres.

En conséquence, l'état de la Commission, au 31 décembre 1901, est le suivant :

Membres titulaires.... MM. BERTHELOT, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, membre de l'Académie française, *président;*
SARRAU, inspecteur général des poudres et salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président;*

(1) Voir *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, t. XI, p. 61.

MM. BONNIER, colonel de l'artillerie coloniale;
Général NAQUET-LAROQUE, président de la Commission d'expériences et de la Commission de réception des poudres de guerre;
CORNU, ingénieur en chef des mines, membre de l'Institut;
BERTRAND, chef de bataillon du génie;
VIEILLE, ingénieur en chef des poudres et salpêtres;
LIOUVILLE, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, *secrétaire*.

Membres adjoints.... MM. BONNICHON, capitaine d'artillerie;
CANDÈZE, chef d'escadron de l'artillerie coloniale;
DUCRU, capitaine d'artillerie;
FLEURI, capitaine du génie;
HAGRON, ingénieur en chef des poudres et salpêtres;
LALUNE, chef d'escadron de l'artillerie coloniale;
LEPIDI, capitaine d'artillerie;
LHEURE, ingénieur des poudres et salpêtres;
VALLIER, chef d'escadron d'artillerie;
LEDOUX, ingénieur en chef des mines, en retraite;
LE CHATELIER, ingénieur en chef des mines;
CHESNEAU, ingénieur en chef des mines.

Membres temporaires. MM. DABAT, sous-directeur au ministère de l'agriculture;
HOUDAILLE, professeur à l'École normale d'agriculture;
ANGOT, professeur à l'Institut agronomique;
René CAVARD, directeur de la Sûreté générale;
JOFFROY, chef de bureau à la direction de la Sûreté générale.

Paris, le 13 mars 1902.

Vu :

Le président,
BERTHELOT.

Le secrétaire,
LIOUVILLE.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE DU TOME XI.

DEUXIÈME PARTIE.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

ANGLETERRE.

N° 297.

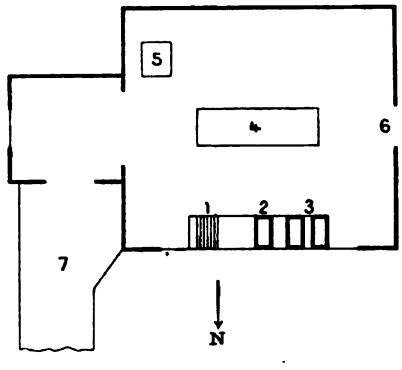
INFLAMMATION DE CORDITE, SURVENUE LE 8 JUIN 1899, à la fabrique Kynoch, à Holehaven, Essex (Angleterre).

(Extrait du Rapport du Colonel A. FORD, C. B.,
H. M. chief inspector of explosives.)

..... Des trois ouvriers travaillant à ce moment-là dans l'atelier, deux se retirèrent sains et saufs; le troisième fut atteint de brûlures légères à un œil.

..... Le bâtiment qui a pris feu portait le n° 6 du plan de l'établissement. Il était en fer galvanisé, recouvert de bois verni avec soin : une couche de feutre séparait le fer du bois. Ses dimensions étaient de $8^m,75$ de long sur 7^m de large et $3^m,50$ de hauteur jusqu'au chéneau; il ouvrait à l'est sur un vestibule de $3^m,50$ sur $2^m,80$ avec porte au nord. Le plancher

Fig. 1.



était formé de lames de bois jointives. Le bâtiment présentait une large baie au nord, et à l'ouest une porte de sortie en cas d'accident.

A l'intérieur étaient placées deux tables, l'une près de la baie en **1**, **2**,**3**, l'autre au centre, en **4** (*fig.* 1).

Dans ce bâtiment s'effectuaient le mélange et l'emballage de la cordite. On avait fixé à 900^{kg} la quantité maxima d'explosif et à six au plus le nombre d'ouvriers.

Circonstances qui ont amené l'inflammation. — MM. Kynoch avaient un contrat avec le War Office pour fourniture de cordite, et en mars dernier ils avaient envoyé à Purfleet, pour être éprouvés, deux lots de 5 tonnes de cordite $\frac{30}{24}$, c'est-à-dire de 0,30 pouce (0^{cm},76) de diamètre sur 24 pouces (61^{cm}) de longueur. Ces lots subirent en avril l'épreuve de chauffage, et les officiers chargés de la réception signalèrent sur quelques cordes des traces d'exsudation, soit de nitroglycérine, soit d'acétone. La plus grande partie de ces deux lots avait été fabriquée en février, par temps froid, et l'on sait que, dans ces conditions, la cordite est sujette à exsuder.

Les lots furent mis en observation dans les magasins de Purfleet, et, comme l'exsudation allait en augmentant, on se décida à les refuser le 25 mai et à les renvoyer à la fabrique d'Holehaven le 7 juin.

Le lendemain, 8 juin, des ordres furent donnés pour examiner un des lots : les cordes trouvées dans de bonnes conditions devaient être mélangées avec une petite quantité de cordes nouvelles, un peu plus grosses, pour réduire la vitesse initiale qui avait été légèrement élevée lors de la réception.

Trois ouvriers étaient occupés à ce travail, qui s'effectuait ainsi qu'il suit : douze caisses, contenant chacune 36^{kg}, étaient ouvertes et placées sur un rang sur la table centrale (4) avec trois caisses de cordite nouvelle, dont une à chaque extrémité et une au milieu.

Deux ouvriers faisaient le tour de la table, prenant cinq ou six cordes dans chaque caisse et déposant chaque poignée sur la table, près de la fenêtre, pour être examinée par le troisième ouvrier. Celui-ci étalait les cordes sur la table, séparait celles qui lui semblaient défectueuses, les plaçait dans une caisse sur le plancher à sa gauche, et mettait les autres dans une caisse sur la table.

A 5^{h}15^m du soir, la cordite s'accumulant sur cette table (on en a estimé le poids à 18^{kg}), les deux premiers ouvriers vinrent aider le troisième : ils occupaient respectivement les points marqués 1, 2, 3 sur le plan. A ce moment il y avait sur la table deux caisses pleines et une vide; de plus, sur le plancher, au point marqué 5, étaient trois caisses pleines, vissées, prêtes à rentrer en magasin. La totalité de la cordite dans le bâtiment comprenait le contenu de quinze caisses et une partie des cordes défectueuses, d'ailleurs en très petite quantité (cinq au plus par caisse de 36^{kg}), provenant des opérations antérieures; il y avait aussi deux petites bobines de cordite pour armes portatives. Le total, selon toute probabilité, n'excédait pas 590^{kg}.

Inflammation de la cordite. — L'un des ouvriers était en train d'étaler

devant lui, de *faire glisser*, suivant son expression, les 18^{kg} de cordite, avec la main gauche, comme d'habitude, afin de niveler les cordes sur la table, lorsqu'il vit une étincelle jaillir tout près de la fenêtre, à l'extrémité la plus éloignée de l'une des cordes. Il cria aux deux autres ouvriers : *Go!* et tous se précipitèrent par la porte sur la plate-forme (7 du plan). Un seul, celui qui sortit le dernier, fut blessé : il eut l'oreille droite légèrement brûlée. Lorsqu'il franchissait la porte, les flammes sortaient déjà par la fenêtre.

La cordite brûla violemment sans faire explosion; des caisses fermées sortait un son semblable au bruit de la vapeur qui s'échappe d'une chaudière. Le bâtiment fut brûlé jusqu'aux fondations : il ne resta que quelques débris carbonisés provenant des chevrons et du plancher.

L'incendie dura trente-cinq minutes et fut éteint avec des seaux et des manches à eau.

Aucun autre bâtiment de la fabrique n'eut à souffrir et le feu ne s'étendit pas à la plate-forme, qui fut cependant plus ou moins carbonisée jusqu'à une distance de 9^{m} par la chaleur développée. L'herbe fut grillée jusqu'à 25^{m} dans la direction du vent.

Cause de la combustion. — La déposition détaillée des trois ouvriers qui travaillaient dans le bâtiment, et qui ont pu s'échapper à peu près sains et saufs, donne aux circonstances qui ont précédé et accompagné l'accident une certitude qu'on obtient rarement en pareil cas : le plus souvent il y a doute, parfois absence complète de renseignements.

Voici, d'après cette déposition, les faits qui ont précédé l'inflammation :

Les trois ouvriers sont revenus à l'atelier à 1^{h}30^{m}, après leur dîner, et se sont occupés tout l'après-midi à leur travail qu'aucun n'a quitté. Une très faible quantité de cordite trouvée défectueuse (1) fut placée dans une caisse sur le plancher, près de la table nord. Sur cette table, il y avait deux caisses pleines de cordite et 18^{kg} environ de cordes non examinées. Sur la table du centre étaient quinze caisses ouvertes contenant en tout de 320^{kg} à 360^{kg}.

Le chef d'atelier a visité l'atelier de temps en temps pendant l'après-midi, sa dernière tournée ayant précédé d'une heure environ l'inflammation.

A 1^{h}45^{m} le gardien du magasin et le surveillant de l'atelier d'emballage de la dynamite étaient venus chercher un tournevis qu'ils avaient emporté. Ce dernier revint un peu après 5^{h}, six à sept minutes avant l'inflammation, en compagnie du chimiste de la fabrique. Ni l'un ni l'autre n'entra dans l'atelier, mais le surveillant déposa deux paquets contenant 4^{kg},500

(1) Estimée à 2 pour 100 le matin, un peu plus l'après-midi.

de kynite (1) sur des bobines de cordite vides, auprès des trois caisses de cordite emballée. Le garde-magasin devait les enlever à sa prochaine tournée.

Par une coïncidence curieuse, j'avais moi-même à 2^h30^m visité l'atelier, au cours d'une inspection ordinaire : les trois ouvriers travaillaient ainsi qu'il a été dit. Je notai que le bâtiment était tenu très proprement et que la quantité d'explosif était bien au-dessous de la limite fixée (907^{kg}).

Soudain, vers 5^h15^m du soir, l'un des ouvriers aperçut une étincelle à $0^m,60$ de lui, à l'extrémité de l'une des cordes qu'il étalait sur la table.

Cause de l'accident. — Une inflammation survenant dans de telles circonstances présente un caractère exceptionnel, car l'atelier de mélange et d'emballage est certainement le moins dangereux des ateliers dits *dangereux*.

Dans les explosifs chimiques, comme la dynamite et la cordite, il y a possibilité d'inflammation spontanée par suite d'une décomposition due à la présence d'impuretés. Mais ce fait ne se produit que si l'explosif est renfermé dans un endroit confiné, comme une caisse en magasin, tandis qu'en plein air l'échauffement ne peut se produire. D'autre part, un échantillon du lot de cordite a subi l'épreuve de chaleur et a été reconnu d'une bonne stabilité (vingt-cinq minutes) : il faut donc renoncer à l'idée d'une inflammation spontanée.

Dans l'atelier il n'y avait d'ailleurs aucun mécanisme, et le seul outil présent était une clef en cuivre posée sur la table nord. L'inflammation s'étant produite *sur* la table, il n'y a pas à songer à une chute de cette clef sur le plancher comme cause de l'accident.

Pour la même raison, il faut écarter la présence de graviers et autres substances étrangères sur le plancher ou en toute autre partie du bâtiment.

D'autre part, on ne peut invoquer ici une cause extérieure : il n'y avait pas de lumière à l'heure de l'accident; dans le voisinage, point de cheminée pouvant lancer des étincelles; aucune machine ne passe auprès de cet atelier. Les ouvriers ayant travaillé plus de trois heures et demie dans le bâtiment, on ne peut supposer qu'ils aient apporté, sans s'en douter, du feu sur leurs vêtements. Enfin, il n'y a pas eu concentration des rayons solaires, puisque la fenêtre est exposée au nord.

---

(1) Explosif formé de 27 pour 100 en poids de nitroglycérine bien purifiée (avec ou sans addition d'une demi-partie de benzol sulfuré) et de 73 pour 100 de farine de bois dans laquelle on a incorporé des nitrates (potasse, baryte, soude) et un peu de carbonate (soude, chaux), en proportion convenable pour éviter l'exsudation.

A première vue, la présence d'une allumette apportée par mégarde et tombée sur la table sembla la cause probable de l'incendie. Bien que les vêtements des ouvriers n'aient pas de poche, bien que la fouille soit pratiquée avant la rentrée, il n'est pas absolument impossible qu'une allumette ait été apportée dans l'atelier. La difficulté d'arriver à une explication me conduisit d'abord à attacher une importance exagérée à cette cause, car, plus d'une fois, malgré les précautions prises, des allumettes ont été trouvées dans des ateliers dangereux. Mais, après mûre réflexion, je ne pense pas qu'il soit raisonnable de supposer qu'une allumette attachée accidentellement à des vêtements ait été retenue pendant trois heures quarante-cinq minutes de travail, ou que, si elle était tombée sur la table, elle n'ait point été remarquée par l'ouvrier qui examinait les brins de cordite, avant d'atteindre le point de la table, distant de deux pieds, où la déflagration a pris naissance. Devant l'impossibilité de ces hypothèses, j'estime que la présence accidentelle d'une allumette n'est pas la cause de l'accident.

On ne saurait admettre non plus la présence d'une allumette ou d'une tête d'allumette engagée dans la cordite au cours de la fabrication. Sans entrer dans les détails de la fabrication, je rappellerai seulement qu'une allumette devient inoffensive quand elle est noyée dans la pâte de coton-poudre et de nitroglycérine, et que, du reste, un corps de la grosseur d'une tête d'allumette ne peut passer à travers les mailles très fines du filtre de la presse.

Enfin, deux autres causes m'ont paru pouvoir expliquer l'accident : la chaleur et l'électricité développées par le frottement d'une corde sur une autre corde ou sur la table.

En ce qui concerne la chaleur, la cordite a toujours été regardée comme particulièrement insensible à la friction. Enflammer de la cordite par le frottement à la main de deux cordes l'une contre l'autre est considéré comme impossible. Mais, dans le cas présent, étant donné que la cordite avait été refusée par le War Office pour cause d'exsudation, il se peut que certains brins défectueux aient été dans une condition anormale de sensibilité. Des expériences étaient donc nécessaires : on frotta des brins l'un sur l'autre, puis sur du bois raboteux, aux points où se manifestaient des traces d'exsudation : mais on n'obtint qu'une élévation de température, sans approcher de la température d'inflammation. On essaya alors le frottement à sec sur une meule tournant rapidement : il n'y eut pas inflammation. Enfin, on traversa une corde avec des plumes d'acier dont les pointes faisaient saillie, et on la tint contre la meule jusqu'à usure des pointes sans arriver à l'inflammation. Je n'ignore pas que des épreuves négatives n'autorisent pas à conclure contre la possibilité d'un événement,

mais je crois qu'après des épreuves aussi rudes personne n'osera soutenir qu'un ouvrier, en étalant avec la main des brins de cordite sur une table, puisse produire l'inflammation de cette cordite.

En ce qui concerne l'électricité, il suffirait sans doute de remarquer que la cordite est un corps bon conducteur, et qu'à moins d'être isolée elle ne peut condenser une quantité suffisante d'électricité pour qu'une étincelle jaillisse entre deux brins. Pour s'en assurer, une corde qui avait été séchée trente-six heures fut frottée avec une fourrure ayant servi préalablement à électriser fortement une pièce d'ébonite, sans qu'on ait décelé aucune trace d'électrisation de la cordite. Cet essai fut répété plusieurs fois avec le même résultat.

Des essais ultérieurs ont été faits pour s'assurer si la cordite et la nitroglycérine pouvaient être enflammées par le passage de l'étincelle électrique. Exécutés les uns par le capitaine Thomson, H. M. Inspector of Explosives, les autres par les soins de MM. Kynoch, propriétaires de l'usine, ces essais n'ont donné que des résultats négatifs. L'électricité engendrée par frottement n'est donc, pas plus que la chaleur, la cause de l'accident.

En définitive, je regrette extrêmement de le dire, mais je ne puis conclure, à défaut d'autre explication, qu'à un accident non fortuit, provenant d'une personne malintentionnée ....

BELGIQUE.

N° 298.

ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 30 AVRIL 1899
établissant la nomenclature des produits explosifs reconnus et leur classement au point de vue du Règlement.

LE MINISTRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL,

Vu l'article 3 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894, portant qu'un arrêté ministériel contiendra la liste et le classement des produits explosifs reconnus officiellement à la date dudit arrêté royal;

Revu les listes contenues dans les arrêtés ministériels du 31 octobre 1894 et du 30 janvier 1895, pris en exécution de l'article 3 prémentionné;

Considérant que, depuis la promulgation de ce dernier arrêté, la liste des explosifs reconnus a subi de nombreuses modifications et additions;

Considérant que l'expérience a fait reconnaître la nécessité de soumettre à la reconnaissance officielle les amorces électriques avec détonateur,

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — La nomenclature des produits explosifs reconnus et leur classement au point de vue du Règlement sont établis comme suit :

PREMIÈRE CLASSE.

Poudres.

1° Poudre noire ordinaire, à canon, de tir, de chasse, etc., de toutes provenances:

2° Poudre brune ou poudre chocolat, de toutes provenances;

3° Fortis n^{os} 2, 3 et 4 de la *Société anonyme des Poudrières belges,* à Hérenthals;

4° Safety blasting powder, de la *Société Pigou, Wilks et Laurence;*

5° Lithotrite, de M. Cornet, à Verviers;

6° Pudrolithe, de M. Ghinijonet, à Ougrée;

7° Pyronitrine de la *Société la Pyronitrine;*

8° Lithofracteur, de M. Anciaux, à Hévillers;

9° Néoclastite, de Mme Yonck (1), à Jambes;

10° Poudre de bois ou poudre Schültze, de la *Société Cooppal et Cie,* à Wetteren;

11° Poudre de chasse Cooppal, colorée (en rose, violet, bleu, vert, etc.);

12° Poudre de chasse Cooppal (grise ou blanche);

13° Poudre de guerre sans fumée dite L_3, de la *Société Cooppal et Cie;*

14° Poudre sans fumée pour tir en blanc, de la *Société Cooppal et Cie;*

15° Poudres sans fumée, de chasse ou de guerre, de MM. Wolff et Cie, à Walsrode;

16° Poudre Schültze, de la Société *The Schültze Gunpowder Cy Ld*, à Londres;

17° Poudre GB, de M. Georges Bonjour, à Monceau-Imbrechies;

18° Poudre EC, de la *Société E. C. Powder Cy Ld*, à Londres;

19° Poudres sans fumée SS, SR, SK et SV, de la Société *The Smokeless Powder Cy*, à Londres;

20° Poudre de guerre sans fumée Troisdorf, pour armes à feu portatives, de la Société *Rheinisch-Westfälische Sprengstoff Actien Gesellschaft,* à Cologne;

21° Poudre de chasse sans fumée Troisdorf, de la même Société;

22° Poudre sans fumée, dite *Balistite,* de la *Société anonyme espagnole de dynamite et de produits chimiques de Galdacano* (Bilbao);

23° Poudre de guerre sans fumée *Normale,* de la Société *Aktiebolaget Svenska Krutfaktorierna*, à Landskrona (Suède);

24° Poudre de chasse sans fumée *Normale,* de la même Société;

25° Poudres sans fumée marques M 88/91, M 91/93, M 91/94, RGP, de la Société *Vereinigte Köln Rottweiler Pulverfabriken,* à Rottweil (Wurtemberg);

26° Poudres : de chasse; WP; DRP (en tuyaux); RRP (en tuyaux); cordite, de la même Société;

27° Poudre sans fumée dite *Cordite,* pour armes à feu portatives ou pour canons, de la Société *Kynoch Limited,* à Birmingham;

28° Poudres de chasse sans fumée dites *Müllerite* et *Clermonite,* de la Société *Müller et Cie,* à Liége;

29° Les cartouches à blanc qui ne satisfont pas aux conditions spécifiées au 7° de la sixième classe de la présente liste;

---

(1) En remplacement des néoclastites nos 1 et 2 du sieur Yonck.

30° Les cartouches à enveloppe non rigide et les cartouches primitivement de sûreté qui auraient perdu ce caractère par une cause quelconque (altération de l'enveloppe, corrosion, fendillement, déchirure, etc.);

31° Les cartouches pour canons dépourvues de fusée, celle-ci étant remplacée par un bouchon fileté fermant exactement l'œil du projectile.

32° Les projectiles dépourvus de fusée, celle-ci étant remplacée par un bouchon fileté fermant exactement l'œil du projectile.

DEUXIÈME CLASSE.

A. — *Dynamites.*

1° Dynamites à la guhr de toutes provenances, pourvu qu'elles ne contiennent pas plus de 75 pour 100 de nitroglycérine;

2° Dynamites diverses d'Arendonk, de Baelen-sur-Nèthe et de Matagne-la-Grande;

3° Ablonites n^{os} 1, 2 et 00, d'Ablon;

4° Gélatine explosive ou dynamite-gomme supérieure; dynamite-gomme; guhr imprégnée; gélignite ou dynamite Transvaal *Ia*, de la *Société générale pour la fabrication de la dynamite*, à Paris;

5° Gélatine explosive ou gomme pure; dynamite-gomme; gélignite ou dynamite-gomme n° 2; carbonite, des Sociétés allemandes suivantes :

I. *Dynamit-Actien-Gesellschaft, vormals Alfred Nobel*, à Hambourg;

II. *Rheinische Dynamitfabrik*, à Opladen;

III. *Deutsche Sprengstoff-Actien-Gesellschaft*, à Hambourg;

IV. *Sprengstoff-Aktien-Gesellschaft Carbonit*, à Hambourg;

V. *Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft*, à Cologne;

VI. *Actien Gesellschaft Siegener Dynamitfabrik*, à Cologne;

VII. *Sprengstoff Gesellschaft Kosmos*, à Hambourg;

6° Dynamites-gélatines n^{os} 1 et 2, fabriquées à Anzhauzen, par la Société *Sprengstoffwerke D^{r} R. Nahnsen u. C^{o}*, à Hambourg;

7° Gélignites n^{os} 1, 2 et 3 et dynamite de sûreté, fabriquées à Reinsdorf, près Wittenberg, et à Haltern (Westphalie), par la Société *Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft*, à Wittenberg.

B. — *Nitrocelluloses.*

1° Coton-poudre de guerre pulpé, de toutes provenances;

2° Coton nitré pour collodion ou pour gélatines explosives, de toutes provenances;

3° Fulmicoton comprimé de toutes provenances;

4° Tonite, de la *Société Cooppal et Cie.*

C. — *Divers.*

Explosif Street ou strectite, type 41, de la *Société des produits chimiques et d'explosifs Bergès, Corbin et Cie,* à Chedde (France).

TROISIÈME CLASSE.

Explosifs difficilement inflammables.

1° Explosif Favier n° 1; explosif Favier n° 2 (antigrisou Favier); explosif Favier n° 3; Favier n° 0 pour roches et Favier n° 0 antigrisou, de la *Société belge des explosifs Favier,* à Vilvorde;

2° Sécurite n° 2, de la Société *The Flameless Explosives Cy Ld;*

3° Veltérines nos 1 et 2, de la *Société Boinet et Cie,* à Viesville (1);

4° Dahménite A ou victorite, de la Société *Castroper Sicherheits-Sprengstoff-Actien-Gesellschaft,* à Castrop (Westphalie) (2);

5° Nitroferrites nos 1, 2 et 3, de M. P.-J. Cornil, à Châtelet;

6° Bellite, de M. Carl Lamm;

7° Tritorites nos 1 et 2, de M. Ghinijonet, à Ougrée;

8° Fractorite, de la *Société anonyme de dynamite de Matagne;*

9° Explosif de sûreté SSP, de la *Société Müller et Cie;*

10° Explosifs de Casteau nos 1 et 2 (3);

11° Flammivore, de la *Société anonyme des Poudres et Dynamites,* à Arendonck;

12° Minolite, de M. Paul Cornet, à Verviers;

13° Poudres blanches Cornil nos 1, 2 et 3;

14° Westphalites nos 1 et 2, fabriquées à Reinsdorf, près Wittenberg, et à Sinsen (Westphalie), par la Société *Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft,* à Wittenberg.

QUATRIÈME CLASSE.

Détonateurs.

1° Détonateurs proprement dits, quelle qu'en soit la provenance:

2° Amorces électriques avec détonateur reconnues officiellement;

3° Pétards pour signaux de chemins de fer, de toutes provenances.

---

(1) En remplacement des poudres Garnier nos 1 et 2.

(2) En remplacement de la dahménite, de la Société Dahmen et Cie.

(3) En remplacement des poudres Lebeau nos 1 et 2.

CINQUIÈME CLASSE.

Artifices.

1° Artifices de joie ou de signaux;
2° Mèches de sûreté, non amorcées, pour mineurs;
3° Amorces électriques sans détonateur;
4° Étoupilles à friction ou à percussion;
5° Bonbons fulminants;
6° Pois fulminants;
7° Amorces pour briquets ou pour jouets d'enfants.

SIXIÈME CLASSE.

Munitions de sûreté.

1° Cartouches de guerre métalliques;

2° Cartouches métalliques pour tir en blanc, chargées en poudre sans fumée et à balle en cellulodine;

3° Cartouches de chasse à douille rigide;

4° Cartouches de revolver et cartouches Flobert à balle ou à plombs;

5° Amorces (capsules chargées);

6° Appareils percutants (godets amorcés, broches amorcées);

7° Cartouches à blanc pour armes à feu portatives, à douille rigide, pourvu qu'elles soient hermétiquement fermées par une ou plusieurs bourres serrantes, en feutre élastique, d'une épaisseur totale de 5^{mm} au moins, ou bien que, étant à douille métallique, elles soient fermées par une ou plusieurs bourres serrantes, d'une épaisseur totale de 1^{mm} au moins, et que l'étui métallique soit soigneusement serti sur la bourre;

8° Allumeurs de sûreté Davey, Bickford et C^{ie};

9° Fusées de projectiles, pourvues d'un dispositif empêchant leur fonctionnement lorsqu'elles ne doivent pas être utilisées.

Les douilles vides amorcées, pour cartouches de guerre ou de chasse, sont considérées comme marchandises ordinaires.

Il est entendu que les poudres ou explosifs quelconques, chargés dans les projectiles et dans les cartouches pour armes à feu portatives ou pour canons, doivent avoir été reconnus officiellement.

ART. 2. — Le présent arrêté abroge ceux du 31 octobre 1894 et du 30 janvier 1895, ainsi que les divers arrêtés de reconnaissance et de classement pris postérieurement à cette dernière date.

Bruxelles, le 30 avril 1899.

COOREMAN.

FRANCE[1].

N° 299.

RAPPORT

Sur l'explosion survenue, à la fabrique de dynamite d'Ablon (Calvados), le 30 octobre 1899.

Une explosion s'est produite le 30 octobre 1899, à 1h45m de l'après-midi, à la fabrique de dynamite d'Ablon dans l'un des bâtiments servant de cartoucherie, désigné au plan par les nos 32-2. Cette explosion a causé la mort de cinq personnes, un ouvrier et quatre ouvrières, la destruction totale du bâtiment 32-2, le renversement d'une partie des parois du bâtiment 31, la rupture de la conduite de vapeur servant au chauffage des cartoucheries.

La cartoucherie n° 2 était employée soit à la préparation des cartouches de dynamite n° 1 à la gühr, soit à la fabrication des cartouches de grisoutine. C'est une dynamite de cette dernière catégorie, la grisoutine dite B, au dosage 88 de nitrate d'ammoniaque, 11,76 de nitroglycérine, 0,24 de coton azotique, que l'on mettait en cartouches lors de l'accident.

La disposition de l'atelier était la suivante (*fig.* 1) : en *c*, une machine du type Liedbeck, mise en mouvement par un ouvrier au moyen d'une roue à manivelle *a* et refoulant, par un mouvement hélicoïdal, dans des tubes du diamètre de la cartouche à produire, la dynamite introduite dans une trémie; en *d*, une balance pour régler le poids des cartouches; en *e*, une cuve contenant de la paraffine fondue; en *f*, une poinçonneuse permettant de préparer, dans la cartouche, le trou destiné à recevoir l'amorce; en *g* enfin, une fouleuse à bras pour cartouches de dynamite à la gühr.

Le personnel comprenait un homme et quatre femmes : l'ouvrier E mettant en mouvement la roue motrice, l'ouvrière rouleuse A recevant la matière à la sortie du tube de calibrage et l'enveloppant de papier, l'ouvrière peseuse B, en face d'une petite table à côté de la machine, ajustant

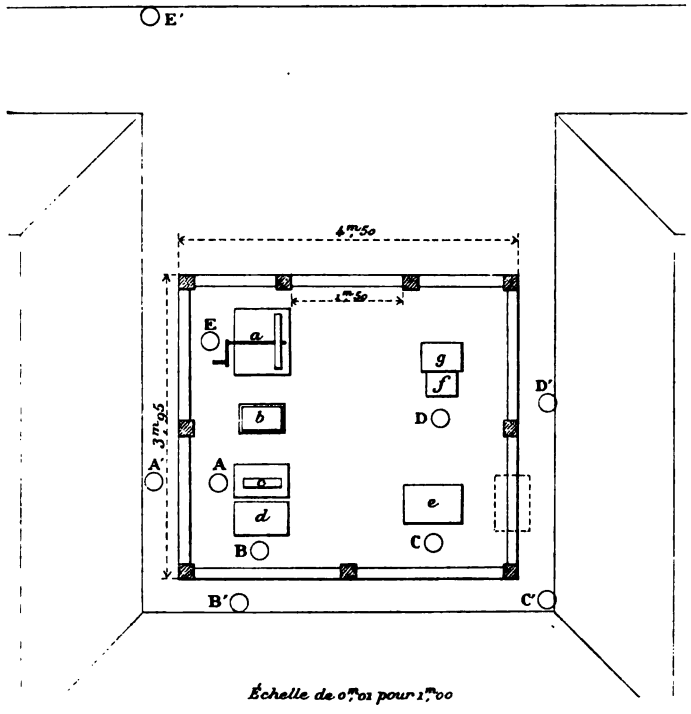
(1) Voir 1 *3, 2 *3, 3 *3, 4 *3, 5 *3, 6 *3, 7 *3, 8 *3, 9 *3 et 10 *3 les nos 1 à 296.

le poids des cartouches et achevant la fermeture de la première enveloppe, l'ouvrière paraffineuse C plongeant successivement par les deux bouts les cartouches dans la paraffine fondue, et enfin l'ouvrière perceuse D faisant, au moyen de l'outil *f*, le trou de l'amorce, puis mettant la seconde enveloppe.

Comme tous les lundis, on n'avait pas travaillé dans la matinée, les

Fig. 1.

PLAN DE LA CARTOUCHERIE N° 2.



Échelle de 0m,01 pour 1m,00

Appareils.

a Treuil mû par l'ouvrier.
b Dynamite à encartoucher.
c Boudineuse Liedbeck.
d Balance.
e Bassin de paraffinage.
f Perceuse.
g Fouleuse à bras pour cartouche de dynamite n° 1.

Position normale des ouvriers.

A Rouleuse.
B Peseuse.
C Paraffineuse.
D Perceuse.
E Ouvrier donnant le mouvement à la machine.

Emplacement des corps après l'explosion.

A', B', C', D', E'.

ouvrières étaient entrées à 1h; l'encartouchage était commencé depuis une demi-heure environ et l'on n'avait encore introduit qu'une seule charge

dans la caisse *b*, contenant à peu près 20^{kg}, lorsque l'explosion s'est produite à 1^{h}45^{m}. Le bâtiment a volé en éclats, les cinq personnes présentes ont été tuées : l'ouvrière rouleuse eut le corps réduit en débris retrouvés à sa place même et contre le merlon voisin; l'ouvrier fut projeté contre le merlon de l'autre côté du chemin : il avait une jambe coupée et un trou à la tête; la peseuse fut renversée en arrière, le ventre ouvert; la paraffineuse, lancée dans l'angle des merlons, avait la gorge ouverte et un bras cassé; la perceuse, qui seule respirait encore lorsque les secours arrivèrent, avait reçu au front une blessure laissant voir le cerveau : elle succomba quelques minutes après.

Les débris projetés consistent en pièces de bois, voliges, fragments des organes de la machine; les briques de liège constituant les parois ont été pulvérisées et l'on n'en retrouve aucun morceau. La distance maximum des objets projetés ne dépasse pas 40^{m}, sauf dans le chemin des cartoucheries, où elle atteint 60^{m}. Les cartoucheries n^{os} 3, 4, 5, etc. n'ont pas souffert; il en est de même des bâtiments 28, 29, 30; seul le bâtiment 31 est fortement endommagé, une partie de la cloison voisine de la cartoucherie n° 2 est renversée à l'intérieur du bâtiment et une partie de la façade renversée à l'extérieur. Ce bâtiment, qui sert de dépôt des dynamites à encartoucher, ne contenait point d'explosifs.

On a recueilli, après l'accident, dans le voisinage de la table de paraffinage, environ 9^{kg} de cartouches enveloppées, et, sur le devant, à droite, une quantité assez notable de dynamite pulvérulente paraissant provenir de la caisse *b*. La quantité de grisoutine qui a détoné ne dépasserait donc pas 10^{kg} à 11^{kg}. Il semble que l'explosion ait été limitée à la matière contenue dans la machine et peut-être à celle qui se trouvait sur la table de pesage. La position des corps des victimes et celle des différents objets retrouvés sur place concordent avec cette hypothèse. Le bassin de paraffinage en particulier a été retrouvé entier, à peine déformé, tandis que les parties de la machine retrouvées sont en fragments de petite dimension.

Il ne paraît donc pas douteux que l'explosion s'est produite dans la machine.

La nitroglycérine employée avait été fabriquée le matin même, filtrée et neutralisée avec soin; le nitrate d'ammoniaque avait été tamisé sur des tamis en toile métallique de 1^{mm} en très bon état. La matière se trouvait donc dans les conditions normales.

Il est dès lors nécessaire d'examiner avec soin le fonctionnement de la machine et, autant que possible, son état avant l'accident. Cette machine Liedbeck consiste essentiellement en une trémie dans laquelle se meuvent un malaxeur en bronze et, au-dessous, une hélice, du pas de 4^{cm} environ, d'un diamètre un peu inférieur à celui de la cartouche à obtenir, qui prend

la matière dans la trémie et la pousse dans un tube du diamètre de la cartouche. La roue motrice, mue à bras, entraîne, au moyen d'une corde, une poulie montée sur l'arbre du malaxeur et folle sur cet arbre. Un débrayage, placé sous la main de l'ouvrière rouleuse, permet à celle-ci d'appliquer contre le moyeu de la poulie ou d'en éloigner un manchon à griffes glissant sur l'arbre et calé, et, par suite, de déterminer soit la mise en mouvement, soit l'arrêt du malaxeur et en même temps de la vis dont l'arbre est relié à celui du malaxeur par une couple d'engrenages en bronze.

Les machines de ce type sont en service à Ablon depuis cinq ans; elles n'avaient jusqu'ici donné lieu à aucun accident. Elles sont également usitées à Paulilles et dans d'autres fabriques étrangères. Leur construction paraît soignée et bien entendue; il y a lieu, toutefois, de signaler que l'hélice inférieure est en porte à faux sur une longueur d'environ 37^{cm} et qu'une faible déformation de la tige ou de l'hélice amènerait un frottement contre les parois du tube. Cette déformation paraît d'autant plus à craindre que le diamètre de la vis employée est variable avec celui des cartouches à fabriquer, et que le montage de cette partie mobile peut accidentellement n'être pas fait avec toute la perfection désirable.

Les débris retrouvés de la machine comprennent le pignon monté sur l'arbre de la vis, deux morceaux de l'engrenage commandant ce pignon, représentant à peu près les deux tiers de cet engrenage, le moyeu de la poulie folle de commande, un fragment de la trémie, un fragment de la pièce de fonte qui porte les extrémités des arbres, et enfin un bout de 55^{mm} de longueur de la vis. L'examen des morceaux de l'engrenage, du moyeu de la poulie folle, du fragment de trémie, de la pièce de support n'a donné lieu à aucune remarque importante : les ruptures et les déformations paraissent toutes une conséquence de l'explosion. Le pignon en bronze est, dans son ensemble, resté intact, mais il présente une dent cassée et, encadrant celle-ci avant et après, des dents remises à la suite de ruptures antérieures par un procédé singulier. La largeur de la denture étant d'environ 15^{mm}, ces dents sont refaites en trois morceaux égaux; chacun d'eux étant la tête d'une vis vissée dans la jante, les bouts des trois morceaux sont arrondis et les trois parties de la dent sont simplement tangentes l'une à l'autre. Dans ces conditions, au moindre effort, ces morceaux peuvent se dévisser et la surface de la dent, au lieu d'être cylindrique, devient sinueuse. L'une des dents ainsi refaites était très déformée. Cette déformation était-elle antérieure à l'accident? En était-il de même de la rupture de la dent voisine? Il m'est impossible de l'affirmer; les surfaces ne présentaient pas de parties brillantes caractéristiques d'une cassure récente, mais il en était de même pour d'autres parties métalliques dont la rupture par l'explosion ne peut être mise en doute. Je considère le pro-

cédé de réparation employé comme défectueux et j'estime que, pour un semblable pignon (diamètre 0,07), la seule réparation bonne est son remplacement par un pignon semblable; mais ces engrenages n'étant pas en contact avec la dynamite et étant préservés par une enveloppe de chutes accidentelles d'explosifs, il ne paraît pas probable que les défauts de l'engrenage, s'ils existaient antérieurement, aient pu être la cause directe de l'explosion; ils devaient toutefois rendre la manœuvre d'entraînement plus pénible.

Le diamètre des cartouches en préparation (28^{mm}) différant peu de celui du type plus fort (30^{mm}) et, d'autre part, aucun signe autre que le diamètre, dont la mesure est assez délicate, ne distinguant les différentes vis, il m'avait paru possible qu'une confusion se fût produite et que l'on eût monté la vis correspondant au calibre de 30^{mm} pour les cartouches. Le jeu d'environ 2^{mm} qui existe entre le tube extérieur et la vis eût dans ce cas disparu et il y aurait eu frottement continuel de la vis en acier sur ce tube. J'ai donc tenu à faire rechercher les débris de la vis, dont aucun n'avait été recueilli lors de ma visite; après deux jours de recherche, on a trouvé sur le merlon en arrière un morceau de 55^{mm} de longueur; la mesure prise a donné, pour le diamètre 25^{mm} fort, un peu plus que pour une autre vis en service pour le calibre de 28^{mm}, mais notablement moins que la dimension de 27^{mm} qui correspondait au calibre de 30^{mm}. Cette hypothèse doit donc être écartée.

Je me trouve conduit à admettre comme explication soit une légère déformation de la vis supprimant le jeu, soit la présence de quelque corps étranger venant s'interposer entre la vis et le tube.

Sevran, le 14 novembre 1899.

L'Ingénieur en chef,
MORIN.

N° 300.

EXPLOSION

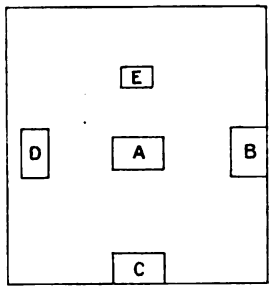
survenue le 1er mars 1901 à la fabrique de dynamite de Cugny.

(Extrait du RAPPORT DE M. MORIN,
Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres.)

La cartoucherie n° 14, où s'est produit l'accident, était un bâtiment d'environ 5^{m} sur 5^{m} dans lequel se trouvaient : en A (*fig* 1), une table avec bassine en cuivre pour l'encartouchage à la main; en B, une pompe pour dynamite n° 1; en C, des machines de rechange pour encartouchage de gomme; en D, un bain de paraffinage.

Elle servait le plus souvent pour effectuer cette dernière opération, qui, à Cugny, n'est pas faite dans le bâtiment où sont encartouchées les grisoutines. Le 1er mars on avait ainsi paraffiné au commencement de la journée, et c'est seulement vers 2h que, le paraffinage étant terminé, on avait apporté environ 20kg de dynamite n° 2 pour l'encartoucher à la main

Fig. 1.



à la table A; les cartouches faites étaient déposées dans une caisse placée en E.

Au moment de l'accident, vers 4h de l'après-midi, l'encartouchage était presque terminé : il ne restait plus que 1kg environ à encartoucher.

Le bâtiment a été complètement démoli, les matériaux et les objets qui s'y trouvaient ont été en grande partie projetés par-dessus les merlons. Les quatre femmes occupées dans l'atelier ont été tuées; le corps de l'une d'elles a été retrouvé contre le merlon du côté de la porte; les corps des trois autres ont été projetés, deux au pied extérieur des merlons, le quatrième plus loin.

Des débris ont été retrouvés jusqu'à une distance de 50m; les bâtiments voisins ont peu souffert, une porte est enfoncée au dépôt de papier, des carreaux cassés au séchoir à coton, à la cartoucherie, au bureau du chef ouvrier qui se trouve à 140m en face d'un chemin en déblai.

Un creux assez notable se trouve en E à l'emplacement de la caisse à cartouches.

L'accident paraît devoir être attribué à un frottement ou à un choc de l'outil bourroir manié par l'une des femmes, contre la bassine de cuivre. Une autre hypothèse avait été faite tout d'abord à l'usine : celle d'une décomposition de grisoutine restée dans le bain de paraffinage et maintenue trop longtemps à une température élevée; mais l'état dans lequel ont été retrouvés les appareils servant à cette opération doit la faire écarter complètement....

N° 301.

CIRCULAIRE

portant modification au Règlement ministériel du 21 février 1895 relatif au travail des femmes, filles et enfants dans les établissements du service des Poudres et Salpêtres.

Paris, 19 janvier 1900.

Messieurs, des doutes se sont élevés sur l'interprétation des définitions données par le Règlement du 21 février 1895 sur le travail des femmes, filles et enfants, au sujet de la nature des travaux à comprendre dans les séries C et D.

Je vous rappelle tout d'abord que ces travaux ne peuvent être que ceux qui n'entraînent aucun excès de fatigue et dont les manipulations présentent une sécurité relative; cette règle générale s'applique aux travaux de toutes les séries.

Les travaux qui, satisfaisant à cette règle, peuvent être compris dans la série C, sont indiqués d'une manière très précise par le Règlement : ils ne doivent présenter que des dangers d'incendie sans explosion et par suite se rapportent principalement aux fabrications de coton-poudre humide ou des poudres B.

Le libellé adopté pour la série D peut donc seul donner lieu à quelque ambiguïté parce qu'il paraît comprendre des travaux classés déjà dans la série C.

En vue de faire disparaître cette ambiguïté, j'ai décidé qu'il serait remplacé par le suivant :

« D. — Certaines opérations de fabrication qui, bien que faites avec des matières pouvant donner lieu à explosion, présentent cependant une sécurité relative (compression de cartouches, emballage, emboîtage, encaissage de poudres noires ou pyroxylées, etc.). »

Il y a lieu également de remplacer, article 7, 2e paragraphe, les mots « Pour les travaux de la série C » par « Pour les travaux des séries C et D ».

Enfin, par suite de la décision ministérielle du 2 novembre 1899, l'article 10 doit être modifié comme il suit :

« Art. 10. — En cas d'accident il y aura lieu de se conformer

aux dispositions de l'instruction provisoire D du 25 mai 1899 pour l'application dans les établissements militaires de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, complétée par la circulaire n° 11 du 31 juillet 1899 (modifiée par celle n° 15 du 21 août 1899) et modifiée par la décision ministérielle du 9 novembre 1899 (*B. O.*, P. R. de 1899, n° 39, p. 953).

Vous m'accuserez réception de la présente circulaire.

GALLIFFET.

N° 302.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

(Lettre commune n° 196, du 20 février 1900.)

POUDRES A FEU.

Abaissement du prix des poudres vendues comme poudres de chasse et ne rentrant pas dans les catégories réglementaires.

Monsieur le Directeur, en notifiant la création de divers types nouveaux de poudres de chasse, la circulaire n° 476, du 13 mai 1887, a spécifié que, s'il était fait des demandes de poudres spéciales ne rentrant pas dans les catégories réglementaires, il pourrait y être donné satisfaction, après autorisation de l'Administration supérieure, et que les livraisons s'effectueraient au tarif des poudres de chasse extra-fines.

Sur l'avis conforme du Département de la guerre, il vient d'être décidé que les produits dont il s'agit seront, à l'avenir, vendus au prix des poudres de chasse ordinaires.

Cette décision est immédiatement applicable et je vous prie de la porter sans retard à la connaissance du service et du commerce.

Recevez, Monsieur le Directeur, l'assurance de mes sentiments de considération et d'attachement.

Le Conseiller d'État, Directeur général,
A. DELATOUR.

N° 303.

DÉCRET

portant fixation des prix de vente en Corse des poudres de chasse noires.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

Vu les décrets des 29 septembre 1850, 12 juin 1890, 17 février 1893 et 18 avril 1897;

Vu l'article 13 de la loi de finances du 29 mars 1897 et la loi du 29 décembre 1899;

Sur les rapports des Ministres des finances et de la guerre,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Les prix de vente en Corse des poudres de chasse noires sont fixés ainsi qu'il suit :

DÉSIGNATION des espèces de poudres.		GROSSES BOITES (500gr, 1kg et 2kg). Prix de vente aux débitants par les entrepôts.	GROSSES BOITES (500gr, 1kg et 2kg). Prix de vente aux consommateurs par les débitants.	GROSSES BOITES (500gr, 1kg et 2kg). Prix de vente aux consommateurs par les entrepôts.	PETITES BOITES (100gr et 200gr). Prix de vente aux débitants par les entrepôts.	PETITES BOITES (100gr et 200gr). Prix de vente aux consommateurs par les débitants.	PETITES BOITES (100gr et 200gr). Prix de vente aux consommateurs par les entrepôts.
		fr	fr	fr	fr	fr	fr
Poudres de chasse noires.	Ordinaire (fine)..	6 »	6 50	6 50	6 50	7 »	7 »
	Forte (superfine)	7 »	7 50	7 50	7 50	8 »	8 »
	Spéciale (extra-fine).....	8 »	8 50	8 50	8 50	9 »	9 »

ART. 2. — En ce qui concerne les poudres de chasse pyroxylées et les explosifs de mine, les prix de vente aux débitants et aux consommateurs, en vigueur sur le continent, sont applicables aux quantités livrées en Corse.

ART. 3. — Les achats effectués directement par les consommateurs dans les entrepôts de la Corse ne peuvent être inférieurs à 3kg pour la poudre de mine et à 1kg pour la poudre de chasse.

ART. 4. — Le Ministre des finances et le Ministre de la guerre sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 9 mars 1900.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le Ministre des finances, J. CAILLAUX.

Le Ministre de la guerre, GALLIFFET.

N° 304.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

(Lettre commune n° 202, du 30 avril 1900.)

POUDRES A FEU.

Mise en vente, pour la consommation intérieure, de poudres de guerre BN au tarif de la poudre pyroxylée T.

Monsieur le Directeur, ainsi que l'a rappelé la lettre commune n° 196, du 20 février dernier, il a été admis en 1897 (circulaire n° 476, du 13 mai) que, si les nouvelles espèces de poudres de chasse noires mises en vente à cette époque ne répondaient pas à toutes les exigences, les consommateurs pourraient obtenir, après autorisation de l'Administration supérieure, qu'il leur soit délivré des poudres similaires ne rentrant pas dans les catégories réglementaires de poudres de chasse. En vertu de cette disposition, le monopole fournit pour la consommation intérieure, sur demande spéciale, des poudres de guerre noires à fusil, ancien et nouveau type, qui sont aujourd'hui livrées au tarif de la poudre de chasse ordinaire.

Une mesure analogue a été sollicitée en ce qui concerne les poudres pyroxylées. Aucun des types actuellement mis en vente comme poudres de chasse ne permettant d'obtenir, dans certains fusils et carabines de petit calibre employés pour la chasse des fauves, les résultats que donnent, avec ces armes, les poudres sans fumée employées à l'étranger, les intéressés ont exprimé le désir d'obtenir livraison, pour la consommation intérieure, des poudres à fusil du type BN qui sont fabriquées par le Service des Poudres et Salpêtres, soit pour l'exportation, soit pour les fabricants de matériel de guerre, et qui donneraient pour l'usage précité pleine satisfaction aux consommateurs.

Après entente avec le Département de la guerre, il a été décidé que, par analogie avec la mesure admise en 1887, les poudres BN à fusil seront livrées également à la consommation intérieure au prix de la poudre pyroxylée T.

La poudrerie de Sevran-Livry sera seule chargée de subvenir aux demandes de poudres BN.

Je vous prie de porter immédiatement cette décision à la connaissance du service et du commerce.

Recevez, Monsieur le Directeur, l'assurance de mes sentiments de considération et d'attachement.

Le Conseiller d'État, Directeur général,
A. DELATOUR.

N° 305.

DÉCRET DU 26 MAI 1900.

(Inséré au *Journal officiel* du 30 mai 1900.)

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu la loi du 13 fructidor an V (30 août 1797) relative à la fabrication et à la vente des poudres et salpêtres;

Vu l'avis du Comité consultatif des arts et manufactures;

Sur le rapport des Ministres de la guerre, des finances, des travaux publics, de l'intérieur, du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Toute cartouche d'explosif pour travaux des mines, mise en vente, doit porter sur son enveloppe l'indication de la nature et du dosage des substances constituant l'explosif, de façon à permettre le calcul de la température de détonation.

ART. 2. — Les Ministres du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, de la guerre, des finances, de l'intérieur et des travaux publics sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal offi-*

ciel de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 26 mai 1900.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,
A. MILLERAND.

Le Ministre des finances,
J. CAILLAUX.

Le Ministre de la guerre,
GALLIFFET.

Le Président du Conseil, Ministre de l'intérieur et des cultes,
WALDECK-ROUSSEAU.

Le Ministre des travaux publics,
PIERRE BAUDIN.

Pour copie conforme :

Le Directeur général des Contributions indirectes,
COURTIN.

ANNEXE AU DOCUMENT N° 305.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

(Circulaire n° 397 du 9 juin 1900.)

POUDRES A FEU. — DÉCRET DU 26 MAI 1900.

Indication, sur l'enveloppe des cartouches d'explosifs pour travaux des mines, de la nature et du dosage des substances constituant l'explosif.

Le décret du 26 juillet 1890, notifié au service par la circulaire n° 621, du 30 janvier suivant, spécifie que toute cartouche de dynamite mise en vente doit porter, sur son enveloppe, l'indication de la nature et du dosage des substances constituant l'explosif.

Un décret du 26 mai 1900, reproduit ci-dessus, rend cette disposition obligatoire pour toute cartouche d'explosif destinée aux travaux des mines.

Établie dans un but de sécurité publique, la nouvelle mesure est immédiatement applicable et le service des Contributions indirectes devra con-

courir à son exécution dans les conditions déterminées par la circulaire sus-rappelée du 30 janvier 1891.

Le Directeur général,
COURTIN.

Pour ampliation :

L'Administrateur de la 2e Division,
H. ROUSSAN.

N° 306.

TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES.

Règlement du 12 novembre 1897.

(Cinquième modification. — Articles 7 et 38.)

Paris, le 23 juin 1900.

D'après l'avis de la Commission d'examen des questions se rattachant à l'application du règlement du 12 novembre 1897, relatif au transport par voie ferrée des matières dangereuses ou infectes, j'ai décidé qu'il y avait lieu :

1° De substituer aux deux premiers alinéas de l'article 7 les trois alinéas suivants :

« ART. 7. — Les barils ou caisses renfermant *un* des produits énumérés au précédent article sont chargés dans des wagons couverts et fermés, à panneaux pleins, qui ne doivent contenir aucune marchandise explosible d'une autre nature ou facilement inflammable. Cette interdiction ne s'applique pas aux produits de même espèce à des degrés différents de préparation : ainsi, on pourra charger des obus chargés non amorcés avec des obus chargés amorcés, ou des détonateurs non amorcés avec des détonateurs amorcés, ou des cartouches non munies d'étoupilles avec des cartouches munies d'étoupilles, etc.

» Toutefois, les barils, caisses et coffres d'artillerie expédiés par les établissements militaires et renfermant un ou plusieurs des produits énumérés au précédent article sont chargés dans des wagons couverts et fermés qui ne doivent contenir aucune des marchandises rangées sous le nom *autres matières,* aux paragraphes *a, b, c, d* de l'article 3, mais ces wagons peuvent renfer-

mer des explosifs ou munitions de 2e, 3e et 4e catégories autres que ceux dont la réunion dans un même wagon est interdite par le présent règlement.

» Les marchandises autres que celles énumérées à l'article 6 qui peuvent être chargées dans ces wagons devront être à destination de la même gare ou des au delà. »

2° De libeller comme suit le 2e alinéa de l'article 38 :

« Ils ne doivent contenir... ni aucune autre matière explosible ou facilement inflammable. »

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire et de rectifier, d'après les dispositions qu'elle contient, les exemplaires du règlement déposés dans les stations de votre réseau.

Recevez, Messieurs, l'assurance de ma considération très distinguée.

Le Ministre des Travaux publics,

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Conseiller d'État,
Directeur des Chemins de fer,
D. PÉROUSE.

N° 307.

CIRCULAIRE

relative aux visites périodiques des fabriques d'artifices, mèches de sûreté et cartouches comprimées.

Paris, le 31 juillet 1900.

La circulaire du 8 juin 1893, insérée au *B. O.*, vol. 67 refondu, p. 175, prescrit de visiter deux fois par an les fabriques d'artifices : la même règle a été étendue aux fabriques de mèches de sûreté et de charges comprimées. Dans ces conditions, ces visites exigent chaque année un temps assez considérable, alors que certains des établissements visités n'ont qu'une importance insignifiante.

En vue de remédier à ces inconvénients, les fabriques d'artifices, de mèches de sûreté et de charges comprimées ne seront plus visitées régulièrement qu'une fois par an. Mais, ainsi que le prescrit la circulaire du 8 juin 1893, des visites supplémentaires pourront être faites, en cas de

besoin, soit sur la propre initiative des directeurs des Établissements des poudres et salpêtres, soit sur la demande de l'Administration des contributions indirectes. Les directeurs s'entendront à ce sujet avec les représentants de ladite Administration en vue d'assurer la surveillance, qui pourrait, surtout pour les fabriques importantes, cesser d'être efficace si le nombre des visites annuelles était rigoureusement limité à une seule.

N° 308.

NOUVEAUX TYPES DE DYNAMITES

dont la fabrication a été autorisée depuis le 15 décembre 1897.

Paris, le 7 décembre 1900.

Le Ministre porte à la connaissance des Établissements du Service des poudres et salpêtres, dans le Tableau ci-dessous, les nouveaux types de dynamites dont la fabrication a été régulièrement autorisée depuis le 15 décembre 1897, dans les dynamiteries françaises ou étrangères, soumises à la surveillance permanente des agents des poudres et salpêtres.

Paulilles (Pyrénées-Orientales). **Saint-Sauveur** (Calvados).

»

Cugny (Seine-et-Marne).

Dynamite gélatinée n° 2 *a*.	Nitroglycérine	50
	Coton azotique soluble	1,5
	Nitrate de potasse	42
	Cellulose	6,5
Dynamite gélatinée n° 2 *b*.	Nitroglycérine	45
	Coton azotique soluble	3
	Nitrate de potasse	42
	Cellulose	10
Dynamite gélatinée n° 2 *c*.	Nitroglycérine	43
	Coton azotique soluble	2
	Nitrate de potasse	41
	Cellulose	14
Dynamite n° 1, à l'ammoniaque.	Nitroglycérine	40
	Nitrate d'ammoniaque	45
	Nitrate de soude	5
	Cellulose	10

Dynamite n° 2*a* à l'ammoniaque.	Nitroglycérine	20
	Nitrate d'ammoniaque	75
	Cellulose	5
Dynamite n° 2*b* à l'ammoniaque.	Nitroglycérine	22
	Nitrate d'ammoniaque	75
	Charbon de bois	3
Dynamite n° 2 (Type spécial pour exportation).	Nitroglycérine	40
	Cellulose	17
	Nitrate de potasse	43
Grisoutine A.	Nitrate d'ammoniaque	90,45
	Résine	4,55
	Nitroglycérine	4,85
	Coton nitré soluble	0,15
Grisoutine B.	Nitrate d'ammoniaque	94
	Nitroglycérine	5,875
	Coton nitré soluble	0,125
Grisoutine C.	Nitrate d'ammoniaque	88
	Nitroglycérine	11,75
	Coton nitré soluble	0,25
Grisoutine D.	Nitrate d'ammoniaque	80
	Nitroglycérine	19,50
	Coton nitré soluble	0,50
Gomme NP.	Nitroglycérine	25
	Coton azotique soluble	1
	Nitrate d'ammoniaque	64
	Nitrate de potasse	10
Gomme NS.	Nitroglycérine	25
	Coton azotique soluble	1
	Nitrate d'ammoniaque	64
	Nitrate de soude	10

Arles (Bouches-du-Rhône).

Dynamite-gomme B*s*.	Nitroglycérine	69,50
	Coton azotique	5,50
	Nitrate de potasse	24,75
	Cellulose	0,25

Matagne-la-Grande (Belgique).

»

N° 309.

DÉCRET

portant fixation des prix de vente de la poudre dite *pulvérin* pour la Tunisie.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu la loi du 13 fructidor an V;

Vu le décret du 2 décembre 1885 qui a fixé les prix de cession, au gouvernement de Tunisie, des poudres de chasse noires et de la poudre de mine ordinaire;

Vu l'article 13 de la loi de finances du 29 mars 1897;

Vu les décrets du 24 décembre 1899 qui ont fixé les prix de vente des poudres à feu destinées à l'exportation et de celles livrées aux gouvernements des colonies françaises et des pays de protectorat;

Sur la proposition des Ministres des finances, de la guerre et des affaires étrangères,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Le prix de la poudre à feu spéciale dite *pulvérin* que la régie des contributions indirectes livrera, sous le régime de l'exportation, au gouvernement de la Tunisie, est fixé ainsi qu'il suit (y compris l'emballage et les frais de transport jusqu'à Marseille, mais non compris les frais de transport de Marseille à Tunis) :

Pulvérin en barils de 35^{kg}.....	1,02	par kilog.
» en barils de 17^{kg},500.....	1,13	»
» en barillets de 10^{kg}.....	1,44	»
» en barillets de 5^{kg}.....	1,66	»

ART. 2. — Les Ministres des finances, de la guerre et des affaires étrangères sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 9 décembre 1900.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le Ministre des finances,
J. CAILLAUX.

Le Ministre de la guerre,
G^{al} L. ANDRÉ.

Le Ministre des affaires étrangères,
DELCASSÉ.

N° 310.

DÉCRET

fixant les prix de vente des poudres à feu livrées à l'exportation.

(Inséré au *Journal officiel* du 28 décembre 1900.)

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu l'article 13 de la loi de finances du 29 mars 1897;

Vu les traités des 20 novembre 1815 et 24 mars 1860, qui ont placé le pays de Gex et la partie neutralisée de la Haute-Savoie en dehors de la ligne de douanes;

Sur les rapports des Ministres des finances et de la guerre,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Les prix des poudres à feu destinées à l'exportation (1) sont fixés ainsi qu'il suit, pour toute commande dont la valeur atteint au moins 100fr :

ESPÈCES DE POUDRES.				PRIX par 100kg.	OBSERVATIONS.
				fr. c.	
Poudres de commerce extérieur			ordinaire..	56,00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu.
			forte.....	60,00	
Poudres de mine noires	ordinaires.....		ronde. ...	67,00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu, à l'état de cartouches comprimées ou à celui de mèches de sûreté.
			anguleuse.	81,00	
			fin grain..	103,00	
	fortes.....		ronde.....	72,00	
			anguleuse.	86,00	
			fin grain..	108,00	
	lentes.....		grenée....	66,00	
			non grenée	60,00	
			fin grain..	79,00	
	Pulvérin.....			68,00	Non compris l'emballage.
Explosifs de mine	au nitrate d'ammoniaque ou de soude	type N. ..	n° 1.....	117,00	Non compris l'encaissage. Destinés à être exportés à l'état de cartouches comprimées.
			n° 2.....	56,00	
		type C. ..	n° 1.... ..	148,00	
			n° 1 *bis*...	205,00	
			n° 2.... .	110,00	
		type P....	n° 1..... .	325,00	
			n° 2..... .	285,00	
Acide picrique.....				300,00	Non compris l'emballage.

(1) L'exportation s'entend des envois à l'étranger ou dans les colonies et possessions françaises, l'Algérie et la Tunisie exceptées. Toutefois, les prix d'exportation sont applicables aux explosifs de mine au nitrate d'ammoniaque ou de soude du type N ainsi qu'aux poudres de fabrication française livrées sous forme de cartouches expédiées à destination de la Tunisie.

ESPÈCES DE POUDRES.				PRIX par 100kg.	OBSERVATIONS.
				fr c	
Poudres de chasse	noires..	ordinaires.	barils.....	150,00	
			gros. boîtes	195,00	
			pet. boîtes.	245,00	Non compris l'emballage.
		fortes.....	barils.....	170,00	Destinées à être exportées en boîtes, à l'état nu (en barils), ou à l'état de cartouches.
			gros. boîtes	215,00	
			pet. boîtes.	265,00	
		spéciales..	barils.....	190,00	
			gros. boîtes	235,00	
			pet. boîtes.	285,00	
	pyroxylées...	S.....	gros. boîtes	900,00	
			pet. boîtes.	950,00	
		M.....	gros. boîtes	950,00	
			pet. boîtes.	1000,00	Non compris l'encaissage.
		R.....	gros. boîtes	920,00	Destinées à être exportées en boîtes ou à l'état de cartouches.
			pet. boîtes.	970,00	
		J.....	gros. boîtes	800,00	
			pet. boîtes.	850,00	
		T.....	gros. boîtes	720,00	
			pet. boîtes.	770,00	
Poudres de guerre	noires	ancien type (1).....		100,00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu, à l'état de cartouches ou de pièces d'artifice.
		nouveau type (2)	fusil.....	155,00	
			canon	135,00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu ou de munitions confectionnées.
	brunes prismatiques (2)..			220,00	
	BN ou BM (3) dites *sans fumée*.			750,00	
Coton-poudre	comprimé (4)	pour torpilles.....		460,00	
		grandes formes.....		420,00	
		petites formes.....		640,00	
	en pâte (4) n° 1.....			350,00	
	coton azotique.	n° 1	pour dynamite	450,00	Non compris l'encaissage.
		n° 2		300,00	
		n° 3	pour usage autre que celui de la dynamite.	700,00	
		n° 4		430,00	
Cordeau détonant souple (le mètre courant).....				1,25	

(1) Cette désignation s'applique aux anciens types dits *à canon* ou *à mousquet*.
(2) L'exportation de ces poudres pourra être suspendue par un arrêté du Ministre de la guerre.
(3) Les poudres de guerre dites BN et BM sont des poudres à grande puissance balistique, destinées aux fusils de petit calibre et aux canons de tous calibres. L'exportation pourra en être suspendue par un arrêté ministériel.
(4) L'exportation du coton-poudre de guerre pourra être suspendue par un arrêté du Ministre de la guerre.

ART. 2. — Les types de poudre de guerre dont l'exportation est autorisée sont les suivants :

I. Anciens types : poudres de guerre dites *à canon* et *à mousquet*.

II. Nouveaux types : poudres à canon : 1° noires, C_1, C_2, SP_1, SP_2, A 26/34, A 30/40, R, prismatiques; 2° brunes prismatiques, PB_1, PB_2, PB_3, poudres à fusil F_1, F_2, F_3.

III. Poudres BN ou BM à canon et à fusil.

IV. Coton-poudre de guerre en charge comprimée ou en pâte.

ART. 3. — Les prix d'exportation fixés pour les poudres de mine, de chasse, de guerre et pour le coton-poudre sont applicables aux explosifs de même espèce vendus par la régie dans le pays de Gex et dans la zone neutralisée de la Haute-Savoie.

ART. 4. — Les prix de vente portés au présent décret seront applicables à partir du 1er janvier 1901.

ART. 5. — Les Ministres des finances et de la guerre sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 23 décembre 1900.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le Ministre de la guerre, Gal L. ANDRÉ.

Le Ministre des finances, J. CAILLAUX.

N° 311.

DÉCRET

fixant les prix des poudres à feu livrées aux gouvernements des colonies et des pays de protectorat.

(Inséré au *Journal officiel* du 28 décembre 1900.)

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu l'article 13 de la loi de finances du 29 mars 1897;
Sur le rapport des Ministres des finances et de la guerre,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Les prix des poudres à feu que la régie

des contributions indirectes livrera, sous le régime de l'exportation, aux gouvernements des colonies françaises et des pays de protectorat sont fixés ainsi qu'il suit :

ESPÈCES DE POUDRES.				PRIX de vente aux gouvernements des colonies et pays de protectorat par 100kg.
				fr c
Poudre de commerce extérieur			ordinaire	55,50
			forte	59,50
Poudres de mine noires	ordinaires		ronde	65,00
			anguleuse	79,00
			fin grain	100,00
	fortes		ronde	70,00
			anguleuse	84,00
			fin grain	105,00
	lentes		grenée	64,00
			non grenée	58,00
			fin grain	77,00
	Pulvérin			66,00
Explosifs de mine aux nitrates d'ammoniaque ou de soude	type N		n° 1	114,00
			n° 2	54,00
	type C		n° 1	145,00
			n° 1 *bis*	202,00
			n° 2	107,00
	type P		n° 1	315,00
			n° 2	275,00
Acide picrique				290,00
Poudres de chasse	noires	ordinaires	barils	145,00
			grosses boîtes	190,00
			petites boîtes	240,00
		fortes	barils	165,00
			grosses boîtes	210,00
			petites boîtes	260,00
		spéciales	barils	185,00
			grosses boîtes	230,00
			petites boîtes	280,00
	pyroxylées	S	grosses boîtes	880,00
			petites boîtes	930,00
		M	grosses boîtes	940,00
			petites boîtes	990,00
		R	grosses boîtes	900,00
			petites boîtes	950,00
		J	grosses boîtes	780,00
			petites boîtes	830,00
		T	grosses boîtes	700,00
			petites boîtes	750,00

ESPÈCES DE POUDRES.				PRIX de vente aux gouvernements des colonies et pays de protectorat par 100kg.
				fr c
Poudres de guerre	noires	ancien type		95,00
		nouveau type	fusil	150,00
			canon	130,00
	brunes prismatiques			210,00
	BN ou BM dites *sans fumée*			700,00
Coton-poudre	comprimé		pour torpilles	445,00
			grandes formes	405,00
			petites formes	620,00
	en pâte, n° 1			340,00
	azotique	n° 1	pour dynamite	445,00
		n° 2		295,00
		n° 3	pour usage autre que celui de la dynamite	680,00
		n° 4		420,00
Cordeau détonant souple (le mètre courant)				1,20

ART. 2. — Les prix de vente portés au présent décret seront applicables à partir du 1er janvier 1901.

ART. 3. — Les Ministres des finances et de la guerre sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 23 décembre 1900.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le Ministre de la guerre,
Gal L. ANDRÉ.

Le Ministre des finances,
J. CAILLAUX.

N° 312.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

FEUILLE RECTIFICATIVE N° 1

énonçant les modifications apportées à la notice de juillet 1897 (1), faisant connaître les conditions auxquelles sont livrées les poudres à feu destinées à l'exportation.

I. PRIX DES POUDRES.

TABLEAU DES PRIX FIXÉS POUR L'ANNÉE 1901.

ESPÈCES DE POUDRES.				PRIX par 100kg.	OBSERVATIONS.
				fr. c.	
Poudres de commerce extérieur.			ordinaire..	56 00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu.
			forte.....	60 00	
Poudres de mine noires	ordinaires.....		ronde.....	67 00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu, à l'état de cartouches comprimées ou à celui de mèches de sûreté.
			anguleuse.	81 00	
			fin grain..	103 00	
	fortes.....		ronde.....	72 00	
			anguleuse.	86 00	
			fin grain..	108 00	
	lentes.....		grenée....	66 00	
			non grenée	60 00	
			fin grain..	79 00	
	Pulvérin.....			68 00	Non compris l'emballage.
Explosifs de mine	aux nitrates d'ammoniaque ou de soude	type N....	n° 1.....	117 00	Non compris l'encaissage. Destinés à être exportés à l'état de cartouches comprimées.
			n° 2.....	56 00	
		type C. ..	n° 1.....	148 00	
			n° 1 *bis*...	205 00	
			n° 2.....	110 00	
		type P....	n° 1.....	325 00	
			n° 2.....	285 00	
Acide picrique.....				300 00	Non compris l'emballage.
Poudres de chasse	noires..	ordinaires.	barils.....	150 00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées en boîtes, à l'état nu (en barils), ou à l'état de cartouches.
			gros. boîtes	195 00	
			pet. boîtes.	245 00	
		fortes....	barils.....	170 00	
			gros. boîtes	215 00	
			pet. boîtes.	265 00	
		spéciales..	barils.....	190 00	
			gros. boîtes	235 00	
			pet. boîtes.	285 00	

(1) *Voir* Tome VIII, p. *81, et Tome IX, p. *153.

ESPÈCES DE POUDRES.				PRIX par 100kg.	OBSERVATIONS.
				fr. c.	
Poudres de chasse	pyroxylées	S.	gros. boîtes	900 00	Non compris l'encaissage. Destinées à être exportées en boîtes ou à l'état de cartouches.
			pet. boîtes.	950 00	
		M.	gros. boîtes	950 00	
			pet. boîtes.	1,000 00	
		R.	gros. boîtes	920 00	
			pet. boîtes.	970 00	
		J.	gros. boîtes	800 00	
			pet. boîtes.	850 00	
		T.	gros. boîtes	720 00	
			pet. boîtes.	770 00	
Poudres de guerre	noires, ancien type (1)			100 00	Non compris l'emballage.
	noires nouveau type (2)		fusil	155 00	Destinées à être exportées à l'état nu, à l'état de cartouches ou de pièces d'artifice.
			canon	135 00	
	brunes prismatiques (2)			220 00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu ou de munitions confectionnées.
	BN ou BM (3) dites *sans fumée*.			750 00	
Coton-poudre	comprimé (4).	pour torpilles		460 00	Non compris l'encaissage.
		grandes formes		420 00	
		petites formes		640 00	
	en pâte (4) n° 1			350 00	
	coton azotique	n° 1 pour dynamite		450 00	
		n° 2 pour dynamite		300 00	
		n° 3 pr usage autre que celui de la dynamite.		700 00	
		n° 4 pr usage autre que celui de la dynamite.		430 00	
Cordeau détonant souple (le mètre courant).				1 25	

(1) Cette désignation s'applique aux anciens types dits *à canon* et *à mousquet*.

(2) L'exportation de ces poudres pourra être suspendue par un arrêté du Ministre de la guerre.

(3) Les poudres de guerre dites *BN* et *BM* sont des poudres à grande puissance balistique, destinées aux fusils de petit calibre et aux canons de tous calibres. L'exportation pourra en être suspendue par arrêté ministériel.

(4) L'exportation du coton-poudre de guerre pourra être suspendue par un arrêté du Ministre de la guerre.

II. EMBALLAGE.

§ 2. — POUDRES DE MINE.

A. *Poudres de mine ordinaire, forte, lente.*

(Sans changement.)

A *bis* (nouveau). *Pulvérin.*

Le pulvérin sera livré en barils et sacs dont les contenances nominales et les prix sont indiqués au Tableau suivant :

CONTENANCE en pulvérin.	NATURE DES ENVELOPPES.	PRIX.
kg		fr c
35 000	Barils dits de 50^{kg}	7 00
	Sacs en toile caoutchoutée	5 50
17 500	Barils dits de 25^{kg}	5 00
	Sacs en toile caoutchoutée	3 25
10 000	Barillets dits de 20^{kg}	5 00
	Sacs en toile caoutchoutée	2 75
5 000	Barillets de 5^{kg} pour pulvérin	2 25
	Sacs en toile caoutchoutée	2 50

§ 4. — POUDRES DE CHASSE.

1° *Poudres livrées à l'état nu.*

(Sans changement.)

2° *Poudres livrées en boîtes.*

Les poudres de chasse livrées en boîtes sont renfermées dans des caisses de 20 et de 5 kilogrammes.

La composition des caisses de 20 kilogrammes est la suivante :

(*a*) Emballage en grosses boîtes :

4	boîtes de 2 kilogrammes	8	kil. de poudre.
8	— de 1 —	8	—
8	— de 500 grammes	4	—
	Total	20	—

(*b*) Emballage en petites boîtes :

1° Pour les poudres forte et spéciale :

40	boîtes de 2 hectogrammes	8	kil. de poudre.
120	— de 1 —	12	—
	Total	20	—

2° Pour la poudre ordinaire :

Les caisses de petites boîtes de poudre ordinaire sont compo-

sées, suivant la demande, de 100 boîtes de 2 hectogrammes ou de 200 boîtes de 1 hectogramme.

Ces proportions .....

§ 6 (nouveau). — ACIDE PICRIQUE.

L'acide picrique sera livré, soit dans des fûts pétroliers contenant 160 kilogrammes, soit dans des fûts fournis par les exportateurs. Le prix des fûts fournis par les poudreries est fixé à 6 francs.

ANNEXE AUX DOCUMENTS N^os^ 310, 311, 312.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

(Circulaire n° 425, du 31 décembre 1900.)

POUDRES A FEU.

Exportation et livraison aux gouvernements des colonies et pays de protectorat. — Tarifs pour 1901. Décrets du 23 décembre 1900. — Modifications apportées à la notice annexée à la circulaire n° 219, du 22 juillet 1897.

En exécution des dispositions de l'article 13 de la loi de finances du 29 mars 1897, deux décrets, en date du 23 de ce mois, dont le texte est reproduit ci-dessus, ont fixé, d'une part, les prix de vente des poudres destinées à l'exportation générale et, d'autre part, les prix de vente des poudres que la Régie est autorisée à livrer aux Gouvernements des colonies et pays de protectorat.

Ces prix sont applicables à partir du 1^er^ janvier prochain.

Pour les indications générales relatives à l'exportation des poudres à feu, le service continuera à se reporter aux instructions contenues dans la circulaire n° 432, du 6 juin 1886.

Une notice jointe à la circulaire n° 219, du 22 juillet 1897, fait connaître les conditions spéciales auxquelles sont livrées les poudres à feu vendues sous le régime de l'exportation. Ces conditions ont depuis fait l'objet des quelques modifications et additions indiquées à la feuille rectificative n° 1 (1). Il va être fait un tirage à part de cette feuille et il en sera adressé prochainement à chaque directeur un nombre suffisant d'exemplaires pour être répartis entre les sous-directeurs et les entreposeurs et

---

(1) Voir *supra*, n° 312.

annexés à la notice qui est remise aux exportateurs, armateurs ou autres négociants se livrant au commerce d'exportation des poudres à feu.

Les prix fixés pour l'exportation générale continuent d'être applicables aux poudres livrées à l'intérieur pour des essais et pour l'épreuve des armes.

Les prix spéciaux admis en faveur des Gouvernements des colonies et pays de protectorat seront, comme par le passé, appliqués, selon l'espèce, aux cessions de poudres *neuves* faites aux communes. Les poudres dites *de démolition* livrées à la même destination seront toujours décomptées au prix de $0^{fr},75$ par kilogramme, conformément aux dispositions de la circulaire n° 188, du 2 décembre 1896.

Le Directeur général,
COURTIN.

N° 313.

ARRÊTÉ DU 3 MAI 1899

relatif à la composition des conseils d'hygiène publique et de salubrité.

Paris, le 14 février 1901.

A la suite d'un accord intervenu entre les Départements du commerce et de l'industrie, de la guerre et des travaux publics, M. le Président du Conseil, Ministre de l'intérieur, a décidé de comprendre les ingénieurs des poudres et salpêtres, qui sont à même d'éclairer plus spécialement les conseils d'hygiène publique et de salubrité sur les questions relatives à la fabrication et à l'emploi des substances explosibles, parmi les personnes appelées à assister aux délibérations des conseils de leur circonscription, avec voix consultative, toutes les fois que ces conseils auront à traiter des questions ci-dessus rappelées.

En conséquence, l'article 3 de l'arrêté du 15 février 1849, déjà modifié par l'arrêté du 5 juin 1890, a été complété par un nouvel arrêté du 3 mai 1899 dont le texte est reproduit ci-après :

LE PRÉSIDENT DU CONSEIL, MINISTRE DE L'INTÉRIEUR ET DES CULTES,

Vu l'arrêté du Chef du Pouvoir exécutif, en date du 18 décembre 1848, sur l'organisation des conseils d'hygiène publique et de salubrité;

Vu l'arrêté ministériel du 15 février 1849, fixant la composition de ces

conseils, et les arrêtés modificatifs des 1er septembre 1851 et 5 juin 1890;

Vu l'avis du comité de direction des services de l'hygiène;

Sur la proposition du conseiller d'État, directeur de l'assistance et de l'hygiène publiques,

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — L'article 3 de l'arrêté ministériel du 15 février 1849, modifié par l'arrêté du 5 juin 1890, est complété ainsi qu'il suit :

« Le directeur ou l'ingénieur des établissements du service des poudres et salpêtres, l'ingénieur des mines, l'ingénieur des ponts et chaussées, l'officier du génie chargé du casernement, le médecin militaire du grade le plus élevé ou le plus ancien dans le grade le plus élevé (1), l'architecte du département, les chefs de division ou de bureau de la préfecture dans les attributions desquels se trouveront la salubrité, la voirie et les hôpitaux, pourront, dans le cas où ils ne feraient pas partie du conseil d'hygiène publique et de salubrité de leur résidence (2), être appelés à assister aux délibérations avec voix consultative. »

ART. 2. — Les préfets des départements sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Paris, le 3 mai 1899.

Pour le Président du Conseil, Ministre de l'intérieur et des cultes :

Le Sous-Secrétaire d'État,
JULES LEGRAND.

---

(1) L'inspecteur divisionnaire ou l'inspecteur départemental du travail, ... (Arrêté du Ministre de l'intérieur et des cultes en date du 3 février 1902.)

(2) Le mot « résidence » doit s'entendre « circonscription » : des instructions conformes ont été adressées à MM. les préfets par M. le Ministre de l'intérieur.

N° 314.

DÉCRET

relatif à la participation de la marine à l'étude de la fabrication des poudres.

Paris, le 19 février 1901.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Sur le rapport des Ministres de la guerre et de la marine.

Vu l'article 11 de la loi du 13 mars 1875;

Vu le décret du 9 mai 1876, relatif à l'organisation du service des poudres et salpêtres;

Vu les décrets du 31 août 1881 et du 11 mars 1885, relatifs à la création du laboratoire central de la marine avec champ de tir annexe à Sevran-Livry;

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. - La poudrerie de Sevran-Livry est désignée pour servir aux essais de fabrication et aux études des poudres destinées à la marine.

ART. 2. - Les études et les essais de fabrication concernant ces poudres, entrepris à la poudrerie de Sevran-Livry, sont suivis par des officiers d'artillerie et officiers d'administration du service de l'artillerie appartenant à la direction de l'artillerie au ministère de la marine et au laboratoire central de la marine. Ces officiers sont désignés par le Ministre de la marine et accrédités dans la poudrerie par le Ministre de la guerre.

ART. 3. - Les expériences et études relatives aux poudres de la marine sont ordonnées par le Ministre de la guerre sur la proposition du Ministre de la marine.

ART. 4. - Le directeur de la poudrerie de Sevran-Livry rend compte directement au Ministre de la marine et au Ministre de la guerre des expériences de toute nature effectuées pour l'étude des poudres de la marine (fabrication, emploi, conservation).

Lorsqu'une étude a été ordonnée, le Ministre de la marine correspond directement avec le directeur de la poudrerie de Sevran-Livry pour tout ce qui est relatif à cette étude.

ART. 5. — Les expériences entreprises au laboratoire central de la marine, à la commission d'expériences de Gâvres, à l'École de pyrotechnie maritime, en vue de la recette, de l'emploi et de la conservation des poudres, sont suivies par des ingénieurs des poudres et salpêtres désignés par le Ministre de la guerre et accrédités dans ces établissements par le Ministre de la marine.

ART. 6. — Un arrêté ministériel établi par les Ministres de la guerre et de la marine réglera les détails d'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 19 février 1901.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le Ministre de la guerre,
Gal L. ANDRÉ.

Le Ministre de la marine,
DE LANESSAN.

N° 315.

CIRCULAIRE

complétant les dispositions de l'article 6 de l'instruction (D) (1) du 25 mai 1899, relatives aux déclarations d'accidents du travail.

Paris, le 25 février 1901.

Aux termes des dispositions de l'article 11 de la loi du 9 avril 1898, rappelées à l'article 6 de l'instruction D du 25 mai 1899, tout accident ayant occasionné une incapacité de travail doit être déclaré dans les 48 heures au maire de la commune.

Il importe que les directeurs des établissements ne perdent pas de vue ces prescriptions formelles, ainsi que la limitation du délai qui leur est assigné par la loi pour faire lesdites déclarations.

Lorsqu'un accident se produit dans le travail, il n'y a pas lieu d'ajourner la déclaration sous prétexte qu'il y aurait doute sur la relation de cause à effet. Cette relation sera discutée plus tard, s'il y a lieu, devant l'autorité compétente.

La loi n'oblige évidemment pas à déclarer les multiples incidents qui se produisent journellement dans les ateliers et n'empêchent pas l'ouvrier de continuer son travail.

---

(1) *Voir* Tome X, p. *77 et p. *100.

Mais lorsqu'il s'agit d'accidents susceptibles d'avoir des suites sérieuses, comme par exemple une chute d'une certaine hauteur, un choc violent, etc., qui provoquent en quelque sorte instinctivement, chez ceux qui en ont été les témoins, le sentiment du danger couru, il ne faut pas s'arrêter à ce fait que la chute ou le coup n'a laissé aucune trace apparente, ou même que l'ouvrier s'est remis à son travail. Des lésions internes peuvent, en effet, se déclarer ultérieurement, et, si la déclaration peut être ajournée jusqu'à ce qu'il y ait interruption effective de travail, au moins faut-il sans délai établir le certificat qui, plus tard, servira, s'il y a lieu, de base à cette déclaration.

L'importance donnée par le législateur à la stricte observation des prescriptions de l'article 11 se manifeste dans les dispositions de l'article 14 de la loi, qui prévoient des sanctions pénales pour les chefs d'industrie et leurs préposés qui contreviennent à ces prescriptions.

Si ces sanctions, en raison même de leur caractère pénal, ne paraissent pas pouvoir être appliquées aux directeurs des établissements militaires qui représentent l'Etat, celui-ci devant donner l'exemple en observant strictement les dispositions des lois qui le régissent comme patron, il importe que ses préposés ne se mettent pas dans le cas d'être signalés comme ayant enfreint les règlements dont ils ont charge d'assurer l'exécution.

N° 316.

TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES.

Sixième modification au règlement du 12 novembre 1897.

Paris, le 16 mars 1901.

A MESSIEURS LES ADMINISTRATEURS DES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER,

Messieurs, le règlement du 12 novembre 1897, relatif au transport des matières dangereuses ou infectes, ne mentionnant pas les cadavres d'animaux transportés en vrac et destinés aux ateliers d'équarrissage ou aux fabriques d'engrais, certaines compagnies de chemins de fer ont demandé que l'Administration fixât les con-

ditions de ces transports et les prix à percevoir pour la désinfection qu'ils nécessitent.

J'ai l'honneur de vous faire savoir qu'après examen de l'affaire par la Commission chargée de l'étude des questions se rattachant à l'application du règlement précité, j'ai décidé que, pour combler cette lacune, il y avait lieu d'ajouter dans ce document :

1° A la fin de l'article **130**, la phrase suivante :

« Les cadavres d'animaux non putréfiés peuvent être expédiés en vrac sur des wagons bâchés. »

2° A la fin de l'article **131**, la mention ci-après :

« Les wagons et les bâches ayant servi au transport de cadavres d'animaux expédiés en vrac devront être désinfectés avant d'être remis en service.

» La désinfection du wagon sera faite par les soins de la compagnie, qui percevra pour cette opération la taxe fixée par l'arrêté sur les frais accessoires, à moins que le wagon n'appartienne à un particulier, auquel cas celui-ci aura à sa charge les soins et les frais de la désinfection (1). »

3° A la fin de l'article **177**, l'alinéa ci-dessous :

« Le chargement et le déchargement des cadavres d'animaux chargés en vrac doivent être faits par l'expéditeur et le destinataire. »

4° A la table des matières, à leur rang alphabétique, les *cadavres d'animaux en vrac* avec la mention entre parenthèses (V. *déchets d'animaux sujets à putréfaction*).

D'après la réglementation ainsi complétée, lorsque le transport des cadavres d'animaux est effectué dans des wagons ou des récipients étanches appartenant à des particuliers, les soins et les frais

---

(1) L'article 38 (§ 4) de l'arrêté du 17 novembre 1900, portant fixation des frais accessoires pour l'année 1901, renferme la disposition suivante :

« Une taxe de 2fr par wagon est due pour la désinfection des wagons ayant servi au transport des matières infectes, dans le cas où la désinfection est prescrite par les règlements. »

de désinfection incombent aux destinataires. Les compagnies n'auront donc qu'à s'assurer que l'opération a été faite convenablement. Mais il doit être expressément entendu que, dans le cas où il n'en serait pas ainsi, les compagnies auraient la faculté de faire dresser procès-verbal, lors de la réexpédition à vide du wagon ou des récipients.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente dépêche et de faire rectifier, d'après les indications qu'elle contient, les exemplaires du règlement déposés dans les stations de votre réseau.

Le Ministre des travaux publics,

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Conseiller d'État, Directeur des chemins de fer,

D. PÉROUSE.

N° 317.

TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES.

Septième modification au règlement du 12 novembre 1897.

Paris, le 26 mars 1901.

A MESSIEURS LES ADMINISTRATEURS DES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

Messieurs, d'après l'avis de la Commission d'examen des questions se rattachant à l'application du règlement du 12 novembre 1897, relatif au transport par voie ferrée des matières dangereuses ou infectes, j'ai décidé qu'il y avait lieu :

1° De compléter la nomenclature du premier alinéa de l'article 6 du règlement par l'insertion ci-après : « amorces en papier pour jouets ou pour briquets de poche, lorsqu'elles n'ont pas été soumises ou n'ont pas satisfait aux épreuves des explosifs ou munitions de sûreté », avant les mots « le fulminate de mercure » ;

2° D'insérer à la table des matières, après les amorces pour pétards explosifs, les *amorces en papier pour jouets ou pour briquets de poche,* avec cette indication entre parenthèses (V. *Munitions de guerre de la première catégorie*).

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire et

de rectifier, d'après les dispositions qu'elle contient, les exemplaires du règlement déposés dans les stations de votre réseau.

Le Ministre des travaux publics,

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Conseiller d'État, Directeur des chemins de fer,

D. PÉROUSE.

N° 318.

CIRCULAIRE

relative aux tirs contre la grêle.

Paris, le 25 avril 1901.

MONSIEUR LE PRÉFET,

Plusieurs associations agricoles m'ont exprimé le désir d'être mises à même d'acquérir à prix réduit la poudre nécessaire à l'usage de tirs dont l'emploi a donné en Italie et dans le midi de la France des résultats appréciables pour empêcher les chutes de grêle.

Afin de donner satisfaction à ce désir, je me suis concerté avec MM. les Ministres de la guerre, des finances et de l'intérieur et il est intervenu, entre nos quatre Départements, un accord établi sur les bases suivantes :

« Le Ministre de la guerre fournira jusqu'à épuisement des stocks actuellement disponibles, aux syndicats et autres associations agricoles qui en feront la demande pour les tirs en question, des poudres dites *de démolition* au prix réduit de $0^{fr},30$ le kilogramme.

» Pour obtenir la livraison de ces poudres de démolition, les sociétés intéressées devront simplement envoyer une demande au préfet de leur département, auquel il appartiendra de certifier la qualité des syndicats et autres associations constituées en vue de l'usage des tirs contre la grêle et d'apprécier si la quantité de poudre demandée est en rapport avec l'étendue des territoires à protéger.

» Le préfet transmettra ensuite, avec tous les renseignements qui lui paraîtront utiles, la demande au Département de la guerre

qui fera connaître au Ministre des finances les mesures prises, afin de lui permettre d'adresser les instructions nécessaires au service des contributions indirectes chargé de la livraison de la poudre et du contrôle de son emploi.

» En ce qui concerne le transport des poudres à leur destination, le Ministère de l'intérieur, s'appuyant sur l'avis de la Commission des substances explosives, a jugé indispensable d'édicter les mesures de protection suivantes :

« Le transport des poudres, du point de délivrance au siège du syndicat, aura lieu sous escorte militaire si la quantité transportée dépasse 100^{kg}, et sous l'escorte de deux personnes désignées par le syndicat, dans le cas où cette quantité serait inférieure au chiffre fixé ci-dessus. »

» En ce qui touche l'emmagasinement de la poudre par les associations, il a paru également nécessaire d'édicter quelques prescriptions. Tout d'abord, dès l'arrivée de la poudre au siège du syndicat, celui-ci devra immédiatement procéder à une répartition entre les différents postes de tir, de manière à éviter l'accumulation de trop grandes quantités de poudre dans un même endroit. Que si, cette répartition étant faite, le reliquat atteignait 250^{kg}, le syndicat devra posséder un magasin central constitué par un baraquement solide, fermé à clé et entouré d'une palissade également fermée à clé.

« Enfin, les canons employés pour le tir ne pourront être mis en service qu'après avoir subi une épreuve destinée à constater leur solidité. Les conditions dans lesquelles les épreuves devront être effectuées seront réglées dès que la Commission des substances explosives aura donné son avis sur ce point. Je m'empresserai de les porter à votre connaissance. »

Telle est, dans ses grandes lignes, la réglementation que les Départements de l'agriculture, de la guerre, des finances et de l'intérieur ont cru nécessaire d'imposer aux syndicats et sociétés qui pratiqueront le tir contre la grêle.

Dans les limites tracées ci-dessus, il vous appartient, Monsieur le Préfet, suivant les localités et en vous inspirant des conditions spéciales à chacune d'elles, d'exiger quelques garanties supplémentaires en ce qui concerne l'installation et, s'il y a lieu, la

garde du dépôt central constituant la réserve de poudre des syndicats. Je vous laisse également le soin d'arrêter les dispositions de détail relatives à l'organisation des tirs.

Je vous serai obligé, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception des présentes instructions.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre de l'agriculture,
DUPUY.

N° 319.

CIRCULAIRE

fixant l'évaluation des salaires servant de base au calcul de l'indemnité pour maladie.

Paris, le 11 septembre 1901.

Le Ministre, consulté sur le mode d'évaluation des salaires servant de base au calcul des indemnités de maladie, prévues par l'article 19 du décret du 26 février 1897, a décidé que lesdites indemnités seront calculées non plus sur le *salaire nominal,* mais sur le *salaire effectif.*

Ce salaire effectif sera déterminé de la manière suivante, au moment de la cessation du travail:

Pour l'ouvrier payé à la semaine, au mois ou à l'année, par le gain hebdomadaire, mensuel ou annuel, divisé par le nombre de jours *ouvrables* compris dans lesdites périodes.

Pour l'ouvrier payé à la journée ou à la tâche, par le gain des trente derniers jours de plein travail qui ont précédé la maladie, divisé par le nombre de ces jours.

Ce salaire de base doit être limité aux valeurs dont le payement est périodique. Par suite, les gratifications, indemnités exceptionnelles, ne doivent pas entrer en ligne de compte dans la détermination dudit salaire, lors même qu'elles seraient le prix d'un travail réellement effectué.

Ces dispositions seront applicables dès maintenant.

Le Ministre de la guerre,
G^{al} L. ANDRÉ.

N° 320.

CIRCULAIRE

relative au décompte des absences dans le calcul de la durée des services, et à l'assimilation des accouchements aux maladies.

Paris, le 1er octobre 1901.

Le Ministre consulté : 1° sur la mesure appliquée dans certains établissements et qui consiste à déduire, des services effectifs des ouvriers, toutes les absences dépassant trois mois dans l'année, quelles qu'en soient les causes; 2° sur l'assimilation des accouchements aux maladies, a décidé :

En ce qui concerne la déduction des services effectifs de toutes les absences dépassant trois mois dans l'année, il convient de remarquer que cette mesure n'est prescrite par aucun texte réglementaire. Elle est, d'ailleurs, inconciliable avec les dispositions de l'article 19 du décret du 26 février 1897, qui alloue, *pendant six mois,* une fraction de salaire à tous les commissionnés, auxiliaires et journaliers, dans le cas où la maladie résulte du service, et aux commissionnés seulement quand la maladie ne provient pas du service.

Il n'y a donc pas lieu de déduire de la durée des services les absences pour maladies constatées; il doit en être de même des absences par congé régulier.

Quant au secours à allouer aux ouvrières en couches, cette question a fait l'objet d'une des revendications du personnel d'exploitation des établissements de la guerre, et sera, comme telle, examinée par la commission instituée pour l'étude de ces revendications.

Toutefois, il est absolument logique d'assimiler les accouchements aux maladies et d'allouer, par suite, aux ouvrières *commissionnées,* pendant leurs couches, comme pendant les maladies proprement dites, la fraction de salaire prévue par l'article 19 du décret du 26 février 1897.

Ces dispositions sont applicables dès maintenant.

Le Ministre de la guerre,
Gal L. ANDRÉ.

N° 321.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

(Circulaire n° 466, du 8 novembre 1901.)

POUDRES A FEU.

Modifications apportées aux circonscriptions des poudreries.

Les modifications récemment introduites par le Département de la guerre dans l'outillage de certaines poudreries ont permis de remanier les circonscriptions de quatre de ces établissements, de manière à réduire les distances à parcourir pour approvisionner les entrepôts des contributions indirectes.

La poudrerie de *Saint-Chamas* alimentera, en sus de sa circonscription actuelle, les entrepôts ci-après :

ARDÈCHE	Privas	Actuellement desservis par la poudrerie de Vonges.
	Largentière	
	Tournon	
DRÔME	Valence	
	Die	
	Montélimar	
	Nyons	
GARD	Nîmes	Actuellement desservis par la poudrerie de Toulouse.
	Alais	
	Le Vigan	
	Uzès	
HÉRAULT	Montpellier	

Par contre, la poudrerie de *Toulouse* alimentera les entrepôts suivants :

CANTAL	Aurillac	Actuellement desservis par la poudrerie d'Angoulême.
	Saint-Flour	
LOZÈRE	Mende	
	Florac	

Ces dispositions, qui ont été prises en vue de réaliser une économie sur les frais de transport, auront leur effet à partir du 1er janvier 1902.

Rien n'est changé, pour les autres centres d'approvisionnement, aux circonscriptions dont le Tableau est annexé à la circulaire n° 78, du 13 décembre 1893.

Le Conseiller d'État, Directeur général,
COURTIN.

N° 322.

EXPLOSION

survenue le 20 septembre 1901 dans le grenoir à retour n° 26 de la poudrerie de Saint-Chamas.

Paris, le 2 décembre 1901.

LE MINISTRE DE LA GUERRE

A MESSIEURS LES INSPECTEURS GÉNÉRAUX DES POUDRES ET SALPÊTRES, LES DIRECTEURS DES ÉTABLISSEMENTS DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES.

Messieurs, le grenoir à retour n° 26 de la poudrerie nationale de Saint-Chamas a fait explosion le 20 septembre 1901, pendant le grenage de galette de poudre de chasse forte.

Cette explosion n'a pas fait de victime et les dégâts matériels ont été réduits à la destruction de la devanture, de la couverture et du matériel de grenage, à l'exception des mécanismes : les bâtiments voisins n'ont éprouvé que des dégâts insignifiants.

Je vous adresse ci-joint, avec une vue photographique de l'usine après l'accident, le rapport de M. l'inspecteur général Arnould, chargé de l'enquête.

L'accident ne semble pouvoir être attribué ni à un échauffement des mécanismes, ni à une accélération de la vitesse ou à une autre cause étrangère au fonctionnement même de l'appareil.

D'autre part, un certain nombre de tamis ont été retrouvés à peu près intacts, et il est très probable, d'après leur état, qu'ils ont dû marcher vides pendant un certain temps.

Il est donc permis d'attribuer à cette marche à vide la cause de l'explosion, comme dans la plupart des explosions de grenoir à retour.

Il résulte d'ailleurs de cet accident qu'il n'y a pas lieu de modifier le mode de service actuel des grenoirs à retour prescrit par la

lettre collective n° 14, du 6 septembre 1892, en vue de préserver les ouvriers de toute atteinte en cas d'explosion.

Je vous signale seulement : 1° que ce mode de service exige que les conducteurs des grenoirs puissent connaître exactement l'heure, de façon à arrêter l'appareil au bout d'un temps déterminé; 2° qu'il convient de se servir de tourteaux moins lourds que ceux de Saint-Chamas, en proscrivant pour leur confection le bois de gaïac, et en employant de préférence, pour cet usage, du bois de cormier sain, ni gercé, ni fendu.

G^{al} L. ANDRÉ.

RAPPORT DE L'INSPECTEUR GÉNÉRAL

sur l'explosion survenue, le 20 septembre 1901, dans l'usine à grenoir à retour n° 26, de la poudrerie de Saint-Chamas.

Une explosion s'est produite le 20 septembre 1901, vers 8^{h}20^{m} du matin, dans l'usine n° 26 (grenoir à retour) de la poudrerie de Saint-Chamas, pendant le grenage de la poudre de chasse forte; elle n'a causé aucun accident aux personnes, et les dégâts qu'elle a occasionnés sont relativement peu importants; les pertes ne dépassent pas 300^{fr} en matériel et 1900^{fr} en bâtiments et machines.

L'usine n° 26, qui contient un grenoir à retour, forme le compartiment nord du groupe 25-26, lequel est composé de deux usines semblables, séparées par le cabinet de la turbine motrice. Chacune des usines, qui a 4^{m},80 sur 5^{m}, est fermée par trois murs forts (de 0^{m},90 d'épaisseur), par une devanture légère en menuiserie garnie en haut de carreaux de verre et en bas de panneaux de toile, et par une couverture en serge posée sur un lattis non jointif porté par des chevrons maintenus sur les pannes par de simples tasseaux en bois. Le cabinet qui sépare les deux usines, et qui est couvert par une toiture en tuiles portée par les murs latéraux, a 4^{m},50 de largeur. Les murs de séparation de chaque usine et du cabinet et les murs de fond des usines ont 6^{m},15 de hauteur au-dessus des planchers, et leur faîte est horizontal; les murs latéraux opposés au cabinet ont leur crête inclinée suivant la pente de la couverture : ces derniers murs débordent la devanture de 0^{m},25 environ, tandis que les murs du cabinet avancent de 0^{m},80.

Le cabinet intermédiaire contient le moteur, une turbine Fontaine de 10 chevaux, ainsi que les engrenages coniques donnant le mouvement à l'arbre de commande des deux usines, qui est parallèle aux murs de fond des usines et porte, à chaque extrémité, un tambour auquel correspondent une poulie fixe et une poulie folle montées sur l'arbre horizontal de chaque

grenoir. Cet arbre horizontal traverse le mur latéral par un œillard bien fermé au moyen de deux panneaux en bois garnis de peau, et il donne, par engrenage conique du modèle ordinaire, le mouvement à l'arbre coudé du grenoir. Les dispositions des différentes parties de l'appareil de grenage sont du type réglementaire : les tamis ne sont pas surmontés de trémies de chargement; ils sont fermés par des couvercles en basane dont un segment est mobile et s'ouvre pour le chargement.

Les deux usines 25-26, semblables, marchent ensemble; on les arrête et on les met en mouvement en même temps, mais ce n'est pas en agissant sur la turbine motrice. Depuis un an environ, les ingénieurs de la poudrerie, après une étude attentive du travail des grenoirs, ont trouvé qu'on pourrait mettre en marche ou arrêter au moyen des poulies reliant les arbres horizontaux, et sans s'occuper du moteur; l'usage s'est établi depuis lors de régler le vannage de la turbine au début de la journée et de n'y plus toucher, le déversoir voisin paraissant disposé de telle sorte qu'aucune variation de la force motrice hydraulique agissant sur le groupe 25-26 ne pouvait se produire au cours de la journée. C'est là un tout autre mode de service que celui qui avait suggéré l'observation inscrite au livret d'inspection de 1898 et rappelée par le directeur de la poudrerie dans ses observations jointes au rapport de l'ingénieur. En 1898, on déclarait qu'on ne pouvait pas rendre les grenoirs indépendants et arrêter l'un pendant la marche de l'autre, parce que la turbine s'emballait et déterminait des accroissements de vitesse dangereux, et l'on signalait en même temps que la production des grenoirs était insuffisante pour la fabrication normale de poudre à fusil et de chasse. Aujourd'hui, on arrête les deux grenoirs à la fois, sans craindre que la roue s'emporte, et l'on constate que la marche des appareils, telle qu'elle est réglée actuellement, assure un débit bien supérieur aux besoins et permet même de laisser souvent les appareils à l'arrêt. Dans ces nouvelles conditions, l'observation de 1898 tombe, et il peut y avoir avantage, sous le rapport de la sécurité, à laisser et maintenir les deux grenoirs solidaires, marchant simultanément ou travaillant de même.

Le mode de service qui a amené l'accroissement de production ci-dessus indiqué est décrit dans le rapport de l'ingénieur et se résume ainsi qu'il suit : à chacune des usines 25 et 26 sont attachés un conducteur et un servant, le conducteur restant toujours à proximité de l'usine, le servant faisant les transports (aller et retour) entre le grenoir et le dépôt n° 31, où s'entreposent à la fois les matières à grener et les produits de grenage (grains et poussiers). Pour alimenter l'usine, le servant prend au dépôt n° 31, dans des barils provenant des concassages, une quantité de 30^{kg} de matière à grener qu'il transvase dans deux boisseaux, et il se dirige vers le groupe 25-26; il s'arrête avec son wagonnet en un point déterminé et

marqué *p* sur le plan n° 2, à 40^{m} environ du groupe, et il stationne là jusqu'à ce que le conducteur, après avoir arrêté son grenoir, l'appelle par un signal convenu. Il s'approche alors de l'usine, reçoit du conducteur d'abord le grain retiré des petites tines ovales du grenoir et transvasé dans un baril à main, puis le poussier sorti des caisses et versé dans une tine; il emporte le tout dans son wagonnet, rapporte les deux boisseaux de matière qu'il remet au conducteur et se retire. Le conducteur répartit les 30^{kg} de matière dans les tamis du grenoir en mettant dans chacun d'eux deux pelletées de cette matière; il rabat les couvercles, sort et remet en marche, et enfin se place derrière le mur latéral de l'usine. Au bout de 15 minutes, temps fixé par l'ordre de service, il arrête le grenoir, appelle le servant et recommence l'opération : la durée du déchargement des grains et poussiers et du chargement des tamis est de 6 minutes, en sorte que la durée totale du grenage de la charge de 30^{kg} est de 21 minutes. Une horloge d'usine, placée contre le mur extérieur du grenoir n° 25, sert à déterminer les heures de mise en train et d'arrêt.

C'est dans ces conditions que se faisait, le 20 septembre, le grenage de la poudre de chasse forte en produisant à la fois les n^{os} 2 et 3. Les grenoirs avaient, d'après les dépositions des conducteurs, été mis en marche à 6^{h}30^{m} du matin, après graissage des parties frottantes et vérification générale, et ils avaient fonctionné régulièrement lorsque l'explosion se produisit dans l'usine n° 26, vers 8^{h}15^{m}. A ce moment, les grenoirs devaient contenir la cinquième charge de la journée, dont le déchargement, à raison de 21 minutes par charge, devait normalement être terminé à 8^{h}15^{m}. Il a été à peu près impossible de faire préciser par les hommes le nombre de chargements effectués, et nous n'avons eu à ce sujet que des déclarations peu concordantes. D'un autre côté, les conducteurs des grenoirs nous ont assuré que les prescriptions relatives à la durée des opérations avaient été exactement suivies, mais ils ont reconnu que le moyen ordinaire de vérification leur manquait et que l'horloge de l'usine s'était arrêtée un peu avant l'accident; il subsiste donc quelque incertitude sur ce point, ainsi que sur la fixation du moment de l'explosion à 10 minutes après le chargement.

Quoi qu'il en soit, l'accident, bien que se produisant en pleine marche, n'a fait aucune victime : l'usine n° 26, qui a sauté, a perdu sa devanture et sa couverture et a eu quelques points de ses murs ébranlés; mais, grâce à la direction du vent, qui était du Nord, l'usine n° 25 n'a pas été atteinte par les projections; elle n'a pas sauté; sa devanture et sa toiture ont été endommagées, mais les murs et les mécanismes sont intacts. C'est du côté de l'usine n° 27 que s'est fait sentir l'action de l'explosion; mais là, comme dans les bâtiments voisins placés dans la même direction, les dommages ne sont pas importants.

L'examen des débris du grenoir de l'usine n° 26 a fait reconnaître que les mécanismes sont restés en bon état et ne portent aucune trace de frottement, de grippement ou usure ayant pu déterminer un échauffement anormal. Mais l'appareil de grenage proprement dit est presque entièrement détruit : le cadre supérieur de suspension et le châssis octogonal sont brisés; quatre tamis sont entièrement détruits et dispersés en menus morceaux dans diverses directions; quatre autres ont été retrouvés et ont beaucoup moins souffert. Deux d'entre eux surtout méritent attention; ils sont décrits comme il suit dans le rapport de l'ingénieur :

Tamis n° 4. — Le couvercle a été simplement enlevé; le guillaume et les cerces sont intacts. La triple couronne a été enlevée; un morceau d'un boulon reste, mais les trois autres ont disparu.

Tamis n° 5. — Le couvercle a été simplement enlevé, le guillaume est intact, la triple couronne également. Deux boulons retiennent encore la souche inférieure avec une partie de la poche en basane servant à l'évacuation du poussier.

Enfin, deux tourteaux ont été retrouvés à l'intérieur de l'usine, et deux autres à quelques centimètres en avant de la devanture. Ces tourteaux sont en gaïac, ils pèsent près de 3^{kg}, ils ne sont pas lisses, mais présentent des gerces et des fentes qui rendent rugueuse une partie de leur surface.

Nous pensons que les constatations sur lesquelles nous avons insisté dans le présent rapport permettent d'expliquer l'explosion du grenoir et, sur ce point, nous sommes d'un avis absolument différent de celui des ingénieurs de Saint-Chamas : nous estimons que la marche à vide du tourteau sur le guillaume, quand elle est suffisamment prolongée ou quand elle se produit en présence de certains corps étrangers, peut déterminer un échauffement capable d'enflammer la poudre, et nous constatons que, dans l'accident du 20 septembre 1901, toutes les circonstances s'accordent pour donner une grande probabilité à l'hypothèse de cette marche à vide : quand un tamis de grenoir est retrouvé après une explosion, dans l'usine même, tout entier, sauf les peaux et les toiles, sans aucune rupture ou déchirure ni des cerces, ni du guillaume, ni de la triple couronne, nous nous considérons comme fondé à dire qu'il ne contenait point ou presque point de poudre au moment de l'explosion et que, par conséquent, il marchait à vide : c'est ce qui est arrivé pour le tamis signalé plus haut sous le n° 5.

Les tamis ont-ils pu se vider complètement dans le service du grenoir n° 26, le 20 septembre? Oui, sans doute; plusieurs causes y ont concouru : d'abord le peu de résistance ou de compacité de la matière à grener,

qui n'avait pas été galetée aux meules et a été reconnue humide et friable; ensuite le poids des tourteaux, qui semble trop considérable pour le grenage des matières tendres; enfin et surtout l'incertitude qui existe, par suite de l'arrêt de l'horloge de l'usine, sur la valeur réelle du temps pendant lequel la charge est restée dans le grenoir. Remarquons d'ailleurs que la variabilité du débit des divers tamis du même grenoir peut favoriser encore la marche à vide; on a fixé, à Saint-Chamas, à 15 minutes la durée de passage de 30^{kg} de matière à travers les tamis, et ce résultat a été la conséquence d'expériences mentionnées dans le rapport; mais, dans ces expériences, on a tablé sur des moyennes, c'est-à-dire sur la mesure du débit total des huit tamis. Or, dans d'autres expériences que le rapport signale et invoque, on a reconnu que le débit est extrêmement variable d'un tamis à l'autre, en sorte que, lorsque le tamis moyen débite en 15 minutes son chargement normal de $3^{kg},750$, il doit y avoir des tamis qui le débitent en un temps beaucoup moindre et sont, par suite, sujets à se vider promptement.

La marche à vide est donc probable et doit être fréquente dans le système de chargement adopté; mais on fait remarquer alors que rien ne prouve qu'il puisse en résulter un échauffement dangereux, et l'on réclame l'exécution d'expériences mentionnées dans une circulaire du 28 août 1878. Ces expériences paraissent bien superflues : si 100, 1000 essais donnent des résultats négatifs, on pourra en conclure seulement que la probabilité d'une inflammation de la poudre est moindre que $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$, mais on ne sera pas en droit de dire qu'elle est nulle. D'ailleurs, le résultat d'un nombre quelconque d'expériences ne prévaudra jamais contre ce fait, connu de toute antiquité, que le frottement de bois sur bois développe de la chaleur et peut en donner assez pour enflammer l'un des bois frottants.

Nous estimons donc que la cause la plus probable de l'explosion du 20 septembre est l'échauffement déterminé par la marche à vide d'un tourteau de grenoir sur le tamis; c'est même là seule explication que l'on puisse donner de l'accident, attendu que, d'après les avis concordants du directeur et de l'ingénieur de la poudrerie de Saint-Chamas, il n'y a eu ni probabilité, ni possibilité de malveillance, ni présence volontaire ou accidentelle de corps étrangers dangereux, ni imprudence, ni erreur de la part des ouvriers.

Quant aux enseignements à tirer de l'accident, nous n'en voyons pas de nouveau à formuler : le mode de service actuel des grenoirs à retour a été organisé de manière à préserver les ouvriers de toute atteinte en cas d'explosion, et ce résultat a été parfaitement obtenu à Saint-Chamas. Il n'y a donc pas à modifier ce mode de service; mais il conviendrait de réduire un peu le poids des tourteaux de Saint-Chamas, qui paraissent

lourds pour le grenage des poudres non galetées, et de les faire en bois sain, non gercé ni fendu.

Nous sommes d'avis qu'il faudrait aussi mieux assurer la protection d'une usine du groupe contre l'explosion de sa voisine ; il paraît certain que si, le 20 septembre, le vent étant du nord, l'usine n° 25 eût sauté au lieu du n° 26, l'autre usine aurait reçu les projections de débris enflammés et aurait fait explosion à son tour. et aussi que, si le vent avait été du sud au moment de l'accident du n° 25, l'usine n° 26 aurait couru les plus grands dangers. Pour protéger les grenoirs l'un contre l'autre, il importe de faire ce que nous avons déjà demandé, et qui a été appliqué ailleurs, surmonter le mur de fond et le mur séparatif du cabinet de chaque usine d'un grillage métallique élevé, arrêtant les débris projetés, et prolonger les deux murs séparatifs du cabinet par un écran en tôle, qui porterait l'avancée à $1^{m},50$ au lieu de $0^{m},80$. Des propositions dans ce sens ont été faites par le directeur, et nous les appuyons près de M. le Ministre. Il en est de même de quelques améliorations également proposées aux chaperons des murs, pour éviter le renversement de ces chaperons en cas d'explosion.

Nous appuyons aussi les demandes d'essais à faire à la poudrerie de Saint-Chamas :

1° Sur l'emploi de l'aluminium pour former les guillaumes des tamis de grenoir;

2° Sur l'emploi du carton d'amiante pour la couverture, en remplacement de la serge.

Enfin, nous avons constaté avec satisfaction la bonne attitude de tout le personnel de la poudrerie, et en particulier la conduite des conducteurs des grenoirs : les auxiliaires Audibert et Maurel, qui, loin de s'affoler et de s'enfuir au moment de l'explosion, ont aussitôt cherché à préserver l'usine n° 25, en recourant à l'emploi d'une pompe Zappfle et de seaux pleins d'eau qu'ils avaient sous la main. Nous appuyons en conséquence les propositions faites, par le directeur, en faveur de ces deux ouvriers.

Paris, le 29 octobre 1901.

L'Inspecteur général,
CH. ARNOULD.

N° 323.

DÉCRET

fixant le prix des poudres à feu destinées à l'exportation.

(Inséré au *Journal officiel* du 19 décembre 1901.)

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu l'article 13 de la loi de finances du 29 mars 1897;

Vu les traités des 20 novembre 1815 et 24 mars 1860, qui ont placé le pays de Gex et la partie neutralisée de la Haute-Savoie en dehors de la ligne des douanes;

Sur les rapports des Ministres des finances et de la guerre,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Les prix des poudres à feu destinées à l'exportation (1) sont fixés ainsi qu'il suit, pour toute commande dont la valeur atteint au moins 100fr :

ESPÈCES DE POUDRES.				PRIX par 100kg.	OBSERVATIONS.
				fr. c.	
Poudres de commerce extérieur			ordinaire..	60,00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu.
			forte.....	64,00	
Poudres de mine noires	ordinaires.....		ronde. ...	68,00	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu, à l'état de cartouches comprimées ou à celui de mèches de sûreté.
			anguleuse.	85,00	
			fin grain ..	103,00	
	fortes....		ronde.....	72,00	
			anguleuse.	92,00	
			fin grain ..	113,00	
	lentes....		grenée....	66,00	
			non grenée	60,00	
			fin grain ..	79,00	
	Pulvérin.		.....	68,00	Non compris l'emballage.
Explosifs de mine	au nitrate d'ammoniaque ou de soude	type N....	n° 1.....	117,00	Non compris l'encaissage. Destinés à être exportés à l'état de cartouches comprimées.
			n° 2... .	56,00	
		type C....	n° 1.	148,00	
			n° 1 *bis* ...	205,00	
			n° 2.... ..	110,00	
Acide picrique.....				300,00	Non compris l'emballage.

(1) L'exportation s'entend des envois à l'étranger ou dans les colonies et possessions françaises, l'Algérie et la Tunisie exceptées. Toutefois, les prix d'exportation sont applicables aux explosifs de mine au nitrate d'ammoniaque ou de soude du type N, ainsi qu'aux poudres de fabrication française livrées sous forme de cartouches expédiées à destination de la Tunisie.

est préparé pour un autre emploi, conformément à l'ordonnance royale n° 14; mais, comme je l'ai déjà dit, ces cas sont fort rares et je ne considère pas comme nécessaire, en ce moment, de modifier cette ordonnance.

Avant de conclure, il sera peut-être bon d'appeler l'attention sur deux circonstances qui, bien que n'ayant qu'un rapport lointain avec l'accident, présentent cependant un certain intérêt scientifique. La première est la nature de la fumée produite lors de l'explosion et celle de l'incendie qui a précédé. Beaucoup de gens ont assisté à la conflagration et ceux que j'ai interrogés s'accordent à dire que l'incendie n'était accompagné que de peu de fumée, tandis que l'explosion a produit une fumée noire très dense, d'un volume considérable. D'ordinaire, quand l'acide picrique brûle en petites quantités, il se dégage beaucoup de fumée noire; mais, lorsque l'acide fait explosion, il ne se produit pas toujours de la fumée noire. La formule de l'acide picrique est $C^6H^2(NO^2)^3OH$. L'examen de cette formule montre que la quantité d'oxygène est insuffisante pour produire une combustion complète. Par conséquent, l'explosion peut se produire de bien des manières, d'après les proportions d'acide carbonique, d'oxyde de carbone, d'eau, d'hydrogène libre et de carbone qui se dégagent. La quantité d'oxygène est plutôt plus que suffisante pour convertir la totalité du charbon en oxyde de carbone, et une explosion produite de cette manière ne devrait dégager que peu de fumée. Dans les autres cas, il peut y avoir du carbone libre qui noircit la fumée. Mais, lorsque l'acide picrique brûle au contact de l'air, le carbone libre peut se combiner avec l'oxygène de l'air, et alors on ne voit plus de fumée.

Le second point sur lequel je désire appeler l'attention résulte des expériences faites sur ma demande par le Dr Dupré (*Appendice II*). Pendant ces expériences, on prépara des échantillons de picrate de fer : ils présentaient une très grande instabilité et dégageaient des vapeurs nitreuses, même à la température ordinaire.

APPENDICE I.

Accidents occasionnés précédemment par l'acide picrique.

N°s.	DATE.	LIEU.	QUANTITÉ.	DESCRIPTION DE L'ACCIDENT.
1	1861 (?)	Fabrique Lowe, à Reddish.	50^{kg} environ	Incendie sans explosion.
2	1879 (?)	Fabr. Longshaw, à Warrington.	250^{kg} à 300^{kg}	L'acide picrique enfermé dans un baril prit feu et brûla sans explosion.
3	1879 (?)	Id.	?	Brûle sans explosion.
4	1879 (?)	Fabr. Héron (produits chim.), à Lancaster.	200^{kg} à 250^{kg}	Incendie sans explosion.
5	1879 (?)	Fabr. Corbett et C^{ie}.	?	Une étuve a brûlé sans explosion.
6	1879 (?)	Fabr. Calvert et C^{ie}, à Bradford, près Manchester.	200^{kg} à 250^{kg}	Incendie sans explosion.
7	1879 (?)	Fabr. Roberts, Dale et C^{ie}, à Cornbrook, près Manchester.	400^{kg}?	Dans deux cas, l'étuve brûla sans explosion.
8	7 juin 1882	Fabr. Héron (produits chim.), à Lancaster.	675^{kg}	Le feu prit dans une étuve d'acide picrique qui avait deux étages. Après 15 minutes, une petite explosion se produisit et, environ 2 minutes plus tard, une explosion plus violente qui détruisit tout le bâtiment. On ne dit pas si la toiture était tombée auparavant, mais c'est probable. A cette époque, l'explosion fut attribuée à la rupture de conduits de vapeur, mais on peut en douter, car cet accident ressemblait à l'accident actuel. Sans nul doute, il y avait, au milieu de l'incendie, de la chaux sous forme de mortier et de plâtre.
9	22 juin 1887	Fabr. Roberts, Dale et C^{ie}, à Cornbrook, près Manchester.	650^{kg} à 700^{kg}	Le feu se déclara près de l'étuve ou dans l'étuve, causé probablement par un homme qui fumait. Ce feu atteignit les barils d'acide picrique à l'extérieur. Après 5 ou 6 minutes, une petite explosion eut lieu, suivie d'une seconde, bien plus violente, 1 minute après. Il y avait de la litharge et nous croyons que la seconde explosion fut due au picrate de plomb qui servit de détonateur pour l'acide picrique.

N°s.	DATE.	LIEU.	QUANTITÉ.	DESCRIPTION DE L'ACCIDENT.
10	24 août 1887	Fabrique Glover et fils, à Bradford.	faible	Un peu d'acide picrique avait été mis dans un baril avec des détritus; le tout fut jeté au feu. Il se produisit une déflagration tellement subite qu'un homme fut blessé mortellement. Il n'y eut pas d'explosion au sens ordinaire du mot.
11	10 février 1890	Fabr. Lowe, à Reddish.	très faible	Une petite quantité d'acide picrique prit feu dans un bâtiment où l'on récupérait de l'acide sulfurique. Cause inconnue.
12	27 juin 1890	Rheinan, près de Mannheim.	4500^{kg} dans plusieurs bâtim.	Le feu commença dans l'étuve et s'étendit à l'atelier d'emballage. Après 25 minutes environ, 630^{kg} d'acide picrique sec firent explosion faiblement. Environ 8 minutes plus tard, une deuxième explosion, plus violente, eut lieu dans l'atelier de nitrification; il y avait 810^{kg} d'acide humide dans des barils. Environ 5 minutes plus tard, se produisit une troisième explosion, très violente, qui détruisit complètement les ateliers à acide picrique. Dans cette explosion, 590^{kg} d'acide humide en barils détonèrent. On prétendit que la dernière explosion d'acide avait été déterminée par l'explosion de vapeurs d'acide picrique et d'air. Il en a été peut-être ainsi, mais il est plus probable, comme il y avait du mortier, que le détonateur a été le picrate de chaux. Avant la première explosion, environ 2475^{kg} d'acide picrique placés sur des étagères avaient brûlé dans l'étuve sans causer de dégâts.
13	novembre 1899 (?)	Fabr. Read, Holliday et fils, à Huddersfield.	très faible	Un homme travaillait dans l'étuve lorsque son pied glissa sur le plancher et produisit l'ignition; on éteignit le feu avec de l'eau. Son talon était ferré. L'étuve était chaude, mais ne contenait pas d'acide picrique sec.

N^os.	DATE.	LIEU.	QUANTITÉ.	DESCRIPTION DE L'ACCIDENT.
14	4 décemb. 1899	Fabr. de produits chimiques Low Moor C^o, à Low Moor, près de Bradford.	très faible	Pendant qu'on réparait un conduit de vapeur dans l'étuve et qu'un ouvrier déplaçait une brique, il se produisit une inflammation et l'ouvrier fut atteint. L'accident fut attribué à cette époque à l'inflammation de gaz accumulé derrière la brique : l'ouvrier travaillait avec une lampe allumée; mais il n'est pas improbable que le corps qui a pris feu fût du picrate de chaux. [*Voir* aussi le cas mentionné par M. Graesser, dans lequel une maçonnerie en briques s'était imprégnée d'acide picrique : le picrate de chaux qui s'était formé avait pris feu et fait explosion avec violence (*Special Report,* n° LXXXI)].
15	3 mai 1900	Id.	63o^kg	Le feu se déclara dans l'étuve, causé apparemment par le frottement d'un plateau en étain contenant de l'acide picrique sur un tuyau en fer. Le contenu de l'étuve brûla sans explosion.

APPENDICE II.

RAPPORT DE M. LE Dr DUPRÉ, F. R. S.,

sur les expériences faites avec l'acide picrique et les picrates.

1re *expérience.* — On mit 330g d'acide picrique dans un creuset en fer, on plaça le creuset dans un trou fait dans la terre et l'on mit le feu. L'acide brûla pendant 3 minutes 40 secondes, sans grande violence et sans explosion.

2e *expérience.* — Répétition de la première expérience en entourant le creuset de pétrole brûlant contenu dans un plat avec de la ouate immergée. Résultat comme dans la première expérience, mais l'acide brûla un peu plus vite.

3e *expérience.* — On plaça dans un creuset en fer 225g d'acide picrique; au-dessus on mit 15g de chaux précipitée et au-dessus encore 112g d'acide picrique. On alluma l'acide picrique, qui brûla sans explosion en 3 minutes 20 secondes.

4e *expérience.* — Répétition de la troisième expérience, en entourant le creuset d'une flamme de pétrole. Même résultat que pour la troisième expérience.

5e *expérience.* — On mit au fond d'un grand creuset en fer 8g de carbonate de chaux mélangés avec 30g d'acide picrique; on couvrit avec 240g d'acide picrique, une couche de 12mm de sable fin, puis on mit le couvercle. Ce creuset, ainsi chargé, fut placé sur un autre creuset disposé sur un plateau d'étain. On plaça du pétrole et de la ouate sur le plateau et l'on y mit le feu. Après plusieurs minutes (4 ou 5), il se produisit un léger soufflement accompagné de fumée noire, puis le contenu du plateau et celui du creuset brûlèrent tranquillement. Le pétrole brûla pendant 15 minutes, mais il n'y eut pas d'explosion. En examinant ce qui s'était passé, on trouva que tout l'acide picrique était brûlé. Le creuset était rempli de charbon et de sable faiblement agglomérés. Évidemment, aucune explosion n'avait eu lieu.

6e *expérience.* — On mit 225g d'acide picrique dans un creuset en fer, 15g d'oxyde de fer au-dessus, puis 112g d'acide picrique au-dessus. Le mélange brûla comme dans la troisième expérience, en 3 minutes.

7e *expérience.* — On enroula 120g de fil de fer galvanisé que l'on plaça dans un creuset en fer avec 330g d'acide picrique. L'acide picrique brûla sans explosion en 3 minutes 20 secondes.

8e *expérience.* — Un mélange d'acide picrique et de litharge dans un petit creuset fut placé sur un plateau contenant du pétrole brûlant. Le mélange brûla sans explosion.

9e *expérience.* — Un petit creuset semblable, rempli d'un mélange de carbonate de chaux et d'acide picrique, fut mis sens dessus dessous dans un grand creuset. Celui-ci fut rempli d'acide picrique auquel on mit le feu. Le tout brûla sans explosion.

10e *expérience.* — Répétition de la neuvième expérience en remplaçant le carbonate de chaux par de la litharge. L'acide picrique du grand creuset brûla pendant quelque temps, puis il se produisit subitement un soufflement de fumées de plomb, mais sans explosion. Dans les deux dernières expériences, le petit creuset intérieur était chauffé au rouge à la fin de l'expérience.

Les expériences suivantes furent aussi faites :

On fit fondre dans un creuset de petites quantités d'acide picrique et l'on y ajouta diverses substances; après quoi on éleva la température jusqu'à ce que le contenu du creuset fût brûlé ou eût fait explosion.

Oxyde de fer. — Faible explosion.

Fer réduit. — Faible explosion.

Limaille de zinc. — Aussitôt que le zinc eut été ajouté, il se produisit une vive effervescence et le contenu fit explosion presque aussitôt avec violence. L'expérience, répétée plusieurs fois, donna toujours le même résultat.

Carbonate de chaux. — Très forte explosion, mais, pour obtenir de bons résultats, il était nécessaire de chauffer doucement le carbonate avec l'acide picrique pendant quelques instants, 1 minute à 1 minute et demie; alors, en élevant la température, il se produisait fréquemment de vives explosions.

Cette expérience fut, pour ainsi dire, faite en sens inverse; on chauffa doucement du carbonate de chaux et l'on ajouta de l'acide picrique. En élevant la température un peu au-dessus du point de fusion de l'acide picrique, on obtint une forte explosion 10 à 15 secondes après. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on élève la température et l'explosion dépend en grande partie de la température.

Des expériences semblables furent faites en chauffant les substances sur une feuille d'étain et dans de petits tubes d'épreuves, mais on n'obtint de détonations qu'en employant de l'oxyde de plomb; dans ce cas,

la feuille d'étain était souvent fortement bossuée et les petits tubes d'essai étaient presque réduits en poussière. Avec aucune autre substance, en quantité égale, l'éprouvette n'était cassée.

Des expériences sur la force comparative de l'explosion furent faites comme suit (en omettant le picrate de plomb, qui aurait donné une explosion trop forte dans ces conditions) : on mit $0^{g},25$ du picrate préparé dans un creuset en fer qui fut placé au-dessus d'une flamme. Dans une série d'expériences, la flamme était à peine suffisante pour produire une explosion; dans une autre série, la flamme était beaucoup plus intense.

	Flamme basse.	Flamme intense.
(1) Picrate de potasse	Vive explosion qui éteignit le gaz.	Très vive explosion qui éteignit le gaz.
(2) id. de baryte.	Vive explosion qui n'éteignit pas le gaz.	Très vive explosion qui n'éteignit pas le gaz.
(3) id. de chaux..	Assez forte explosion.	Forte explosion, un peu plus que (4).
(4) id. de soude.	Assez forte explosion : moins que (1).	Forte explosion, mais moins forte que (1).
(5) id. de zinc...	En aucun cas une forte explosion.	
(6) id. de fer....		
(7) id. de cuivre.	Faible explosion.	Explosion nette.
(8) id. d'aluminium.	Pas d'explosion, mais une faible combustion.	
(9) Poudre noire.	Fort soufflement. Bien moins violent que les explosions produites par les picrates de potasse, de chaux, de baryte ou de soude; un peu moindre que l'explosion du picrate de cuivre et à peu près égale à l'explosion du picrate de zinc et du picrate de fer.	

Parmi les picrates énumérés ci-dessus, les seuls qui produisent une explosion violente semblent être, par conséquent, par ordre de violence, ceux de potasse, de baryte, de chaux et de soude. Le seul picrate qui détone avec une violence extrême, même en faible quantité, est le picrate de plomb.

L'explosion d'une faible quantité de picrate de chaux, lequel, comme on l'a dit, se forme aisément en chauffant ensemble du carbonate de chaux et de l'acide picrique, peut, cependant, suffire pour faire détoner une certaine quantité d'acide picrique chauffé, et cela d'autant plus facilement que l'acide est porté à une température plus élevée.

ACTION DE L'ACIDE PICRIQUE SUR LES MÉTAUX.

Des lames de métaux, soigneusement décapées, furent immergées dans une solution froide concentrée d'acide picrique. L'action sur le fer et le zinc commença immédiatement. Sur l'aluminium, l'action fut très légère après 48 heures et même après 6 semaines. L'aluminium était couvert d'une mince croûte noire et un dépôt noir s'était formé sur le vase : ni la croûte ni le dépôt ne renfermaient une quantité appréciable de picrate.

L'action sur le cuivre fut très légère sur la partie de la lame située au-dessous du niveau de la solution, et il ne se forma qu'une couche extrêmement mince de picrate de cuivre : une petite quantité de picrate était déposée sur le vase. A la surface de la solution, la lame avait été rongée; la ligne de corrosion était aussi prononcée que si elle eût été faite avec un couteau.

L'action sur le fil de laiton fut un peu plus prononcée que dans le cas de l'aluminium. Après 6 semaines, le fil était couvert d'une couche assez épaisse de picrates de cuivre et de zinc, surtout sur la partie du fil voisine de la surface de la solution, et un dépôt assez considérable des deux picrates s'était formé au fond du vase. En aucun cas l'acide picrique n'avait été neutralisé et, après 6 semaines, la liqueur était restée fortement acide.

Il est bon de faire remarquer que le picrate de fer formé par l'action des solutions d'acide picrique sur le fer métallique est un picrate *ferreux* qui est un explosif légèrement moins violent que le picrate *ferrique,* mais il a une tendance plus grande à brûler et à lancer des étincelles. Ce picrate semble être légèrement hygroscopique et se change, avec le temps, en picrate ferrique. Lorsqu'on frappe le picrate ferreux, il s'enflamme aisément et le feu se communique facilement. Il n'en est pas de même des autres picrates.

Pendant 6 semaines, l'étain pur ne fut pas attaqué.

A. DUPRÉ.

2, Edinburgh Mansions, Howick Place, S. W.

9 juillet 1900.

TABLE ANALYTIQUE.

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS TECHNIQUES.

Pages.

Bourrage des coups de mine. — RAPPORT N° 143, DU 10 JANVIER 1901 (COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES) 7

Fabrication d'explosifs chloratés du type Street. — RAPPORT N° 136, DU 8 MARS 1900 (COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES) 22

L'explosif « Prométhée ». — RAPPORT N° 134, DU 11 JANVIER 1900 (COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES) 39

Compte rendu des travaux de la Commission des substances explosives pendant l'année 1900 47

Dosage du chlorate et du perchlorate de potasse dans le salpêtre raffiné (COMMISSION DE FABRICATION DES POUDRES ET EXPLOSIFS DE GUERRE). 63

Vitesses et pressions développées à diverses charges par les poudres de chasse pyroxylées dans les armes de chasse (*suite*) (COMMISSION CENTRALE DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES) 68

Recherches sur les retards d'inflammation des poudres pyroxylées de chasse, par M. LIOUVILLE, ingénieur des Poudres et Salpêtres 71

Les Poudres et Explosifs à l'Exposition universelle de 1900 (COMMISSION MILITAIRE DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900) 92

Loi des pressions dans les bouches à feu, par M. VALLIER, chef d'escadron d'Artillerie 129

Production des nitronaphtalines, par M. PATART, ingénieur des Poudres et Salpêtres 147

Étude sur les phénomènes d'érosion produits par les explosifs, par M. VIEILLE, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres 157

Pages.

Note sur la trempe superficielle de l'acier soumis à l'action des explosifs, par M. OSMOND 211

Compte rendu des travaux de la Commission des substances explosives pendant l'année 1901 220

DEUXIÈME PARTIE.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

Angleterre.

N° 297. — INFLAMMATION DE CORDITE A HOLEHAVEN, ESSEX (2 JUIN 1899)... *3

Belgique.

N° 298. — ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 30 AVRIL 1899 ÉTABLISSANT LA NOMENCLATURE DES PRODUITS EXPLOSIFS RECONNUS ET LEUR CLASSEMENT AU POINT DE VUE DU RÈGLEMENT *9

France.

N° 299. — EXPLOSION DE DYNAMITE A ABLON (CALVADOS) (30 OCTOBRE 1899). *14

N° 300. — EXPLOSION DE DYNAMITE A CUGNY (SEINE-ET-MARNE) (1er MARS 1901) *18

N° 301. — CIRCULAIRE DU 19 JANVIER 1900, PORTANT MODIFICATION AU RÈGLEMENT MINISTÉRIEL DU 21 FÉVRIER 1895, RELATIF AU TRAVAIL DES FEMMES, FILLES ET ENFANTS DANS LES ÉTABLISSEMENTS DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES *20

N° 302. — ABAISSEMENT DU PRIX DES POUDRES VENDUES COMME POUDRES DE CHASSE ET NE RENTRANT PAS DANS LES CATÉGORIES RÉGLEMENTAIRES *21

N° 303. — DÉCRET DU 9 MARS 1900 PORTANT FIXATION DES PRIX DE VENTE EN CORSE DES POUDRES DE CHASSE NOIRES *22

N° 304. — MISE EN VENTE POUR LA CONSOMMATION INTÉRIEURE DES POUDRES DE GUERRE BN AU TARIF DE LA POUDRE PYROXYLÉE T *23

N° 305. — DÉCRET DU 26 MAI 1900 RELATIF AUX INSCRIPTIONS, SUR LES CARTOUCHES, DE LA NATURE ET DU DOSAGE DES SUBSTANCES CONSTITUANT LES EXPLOSIFS DE MINE *24

Pages.

N° 306. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — CINQUIÈME MODIFICATION AU RÈGLEMENT DU 12 NOVEMBRE 1897.... *26

N° 307. — CIRCULAIRE DU 31 JUILLET 1900 RELATIVE AUX VISITES PÉRIODIQUES DES FABRIQUES D'ARTIFICES, MÈCHES DE SÛRETÉ ET CARTOUCHES COMPRIMÉES..... *27

N° 308. — NOUVEAUX TYPES DE DYNAMITES DONT LA FABRICATION A ÉTÉ AUTORISÉE DEPUIS LE 15 DÉCEMBRE 1897..... *28

N° 309. — DÉCRET DU 9 DÉCEMBRE 1900 PORTANT FIXATION DES PRIX DE VENTE DU PULVÉRIN EN TUNISIE..... *30

N° 310. — DÉCRET DU 23 DÉCEMBRE 1900 FIXANT LES PRIX DE VENTE DES POUDRES LIVRÉES A L'EXPORTATION..... *31

N° 311. — DÉCRET DU 23 DÉCEMBRE 1900 FIXANT LES PRIX DES POUDRES LIVRÉES AUX GOUVERNEMENTS DES COLONIES ET DES PAYS DE PROTECTORAT..... *33

N° 312. — FEUILLE RECTIFICATIVE N° 1 ÉNONÇANT LES MODIFICATIONS APPORTÉES A LA NOTICE DU 22 JUILLET 1897 RELATIVE AUX LIVRAISONS DE POUDRES POUR L'EXPORTATION..... *36

N° 313. — ARRÊTÉ DU 3 MAI 1899 RELATIF A LA COMPOSITION DES CONSEILS D'HYGIÈNE PUBLIQUE ET DE SALUBRITÉ..... *40

N° 314. — DÉCRET DU 19 FÉVRIER 1901 RELATIF A LA PARTICIPATION DE LA MARINE A L'ÉTUDE DE LA FABRICATION DES POUDRES..... *42

N° 315 — CIRCULAIRE DU 25 FÉVRIER 1901 COMPLÉTANT LES DISPOSITIONS DE L'ARTICLE 6 DE L'INSTRUCTION (D), DU 25 MAI 1899, RELATIVES AUX DÉCLARATIONS D'ACCIDENTS DU TRAVAIL..... *43

N° 316. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — SIXIÈME MODIFICATION AU RÈGLEMENT DU 12 NOVEMBRE 1897..... *44

N° 317. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — SEPTIÈME MODIFICATION AU RÈGLEMENT DU 12 NOVEMBRE 1897..... *46

N° 318. — CIRCULAIRE DU 25 AVRIL 1901 RELATIVE AUX TIRS CONTRE LA GRÊLE..... *47

N° 319. — CIRCULAIRE DU 11 SEPTEMBRE 1901 FIXANT L'ÉVALUATION DES SALAIRES SERVANT DE BASE AU CALCUL DE L'INDEMNITÉ POUR MALADIE..... *49

N° 320. — CIRCULAIRE DU 1er OCTOBRE 1901 RELATIVE AU DÉCOMPTE DES ABSENCES DANS LE CALCUL DE LA DURÉE DES SERVICES, ET A L'ASSIMILATION DES ACCOUCHEMENTS AUX MALADIES..... *50

N° 321. — MODIFICATIONS APPORTÉES AUX CIRCONSCRIPTIONS DES POUDRERIES. *51

N° 322. — EXPLOSION DU 20 SEPTEMBRE 1901 DANS LE GRENOIR N° 26 DE LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS..... *52

Pages.

N° 323. — DÉCRET DU 12 DÉCEMBRE 1901 FIXANT LE PRIX DES POUDRES DESTINÉES A L'EXPORTATION *59

N° 324. — DÉCRET DU 12 DÉCEMBRE 1901 FIXANT LE PRIX DES POUDRES LIVRÉES AUX GOUVERNEMENTS DES COLONIES ET PAYS DE PROTECTORAT..... ..... *61

N° 325. — DÉCRET DU 23 DÉCEMBRE 1901 RELATIF A LA CONSERVATION DES EXPLOSIFS DANS LES EXPLOITATIONS SOUTERRAINES..... *65

Angleterre.

N° 326. — RAPPORT SUR L'EXPLOSION D'ACIDE PICRIQUE DU 30 MAI 1900, A HUDDERSFIELD *78

TABLE ALPHABÉTIQUE.

(On a marqué en **caractères gras** les noms d'auteurs, en PETITES CAPITALES les titres des articles et documents, en *italiques* toutes les autres indications).

Ablon. Voir *Dynamite.*
Absences : Décompte des A. dans le calcul de la durée des services, *50.
Accidents du travail, *43. Appareils protecteurs contre les A., 110.
Accidents : Liste des A. causés par l'acide picrique en Angleterre, *89.
Acide picrique. Voir *Picrique.*
Acide phénique de Lowe, 112; de la Compagnie parisienne des Asphaltes, 112; de la Société anonyme des matières colorantes et des produits chimiques de Saint-Denis, 112; de la Société anonyme des agglomérés du bassin de Charleroi, 112.
Actien Gesellschaft Dynamit Nobel : Poudres de l'A., 113.
Actien Gesellschaft für Glas-Industrie : Verre armé de l'A., 106.
Agglomérés de liège, 103.
Aktiebolaget Svenska Krutfactorierna : Poudres de l'A., 123.
Allemagne : Exposition universelle, 111.
Aluminite, 103.
Amiante : Produits d'A., 104.
Amorces Wagner, 60; A. pour douilles de chasse, 77.
Angleterre : Inflammation de cordite, *3; Explosion d'acide picrique, *78. Exposition universelle, 112, 118. Accidents causés par l'acide picrique en A., *89.
Appareil à laver les fûts, 95.
Appareils enregistreurs de la maison Golaz, 112.
Appareils hygiéniques du Dr Detourbe, 110.
Appareils protecteurs contre les accidents du travail, 110.
Argile pour bourrage, 10, 15, 17, 19.
Arnould : RAPPORT sur une explosion de grenoir, *52.
Artifices (*Fabriques d'*) : Visites périodiques, *27.
Asphaltiques (*Produits*), 104.
Association des industriels contre les accidents du travail, 110.
Autriche : Exposition universelle, 111, 113.

Balistite : Érosions produites par la B. Voir *Erosions.* B. anglaise, 118, 127; B. mexicaine, 119.
Banc d'épreuves, 115.
Barral : Commission militaire de l'Exposition universelle de 1900, 92.
Barreto (Poudre), 122.

Bavier et Steffan : Vêtements incombustibles, 105.
Bayeux (Porcelaine de), 103.
Belgique : Nomenclature des produits explosifs reconnus, *9. Exposition universelle, 112, 114.
Bergès et Corbin : Cellulose, 111. Explosifs chlorates, 22.
Bergmann : Robinets et valves, 103.
Berto : Fûts démontables, 94.
Birmingham metal and munitions C° L^d : Poudres de la B., 118.
Blanc : Parquets hydrofuges, 107.
Blocs Abel pour expériences de bourrage, 9. B. englobés dans la maçonnerie, 14. Expériences de débourrage, 16.
Blocs en béton : Expériences de débourrage, 16.
Bombe calorimétrique Mahler, 112.
Bonnaffous : Pignons en cuir vert, 96.
Bouches à feu : Loi des pressions dans les B. à feu, 129. Coefficient de fatigue, 131. Érosions dans les B. à feu, 157.
Bouliol : Rapport sur l'embarquement des munitions sur les navires soumis au régime de l'émigration, 56.
Bourrage des coups de mine, 7. Utilisation des explosifs, 9. Dangers d'inflammation, 18.
Bruneau (Poudre), 112.
Buffaud et Robatel (Turbines essoreuses), 93.

Câble : Chemin de fer aérien sur C., 108.
Caillet : Monorail C., 109.
Caisses de poudres de chasse : Modification à la composition des C., *64.
Caizergue : Voies d'usine C., 108.
Canons paragrêle, 127.
Cartouches comprimées : Visites périodiques des fabriques de C., *27.
Cartouches de mine : Indication de la nature et du dosage de l'explosif, *24.
Celluline, 111.
Celluloses, 111. C. de bois, 111. C. de coton, 111.
Cheddites : Voir *Street.*
Chevretin et Lamatte : Celluline, 111.
Chlorate de potasse : Dosage du C. dans le salpêtre raffiné, 63.
Chlorates (Explosifs) : Voir *Street.* Prométhée, 39. Pyrodialyte, 53.
Chronographe : Le Boulangé-Bréger, 113. Schmidt, 112.
Ciment armé, 108.
Circonscriptions des poudreries : Modifications aux C., *51.
Clermonite, 114, 127.
Coefficient de fatigue d'une bouche à feu, 131.
Coignet : Ciment armé, 108.
Colbit : Parquets C., 107.
Colloïdales (Poudres) : Érosions produites par les P., 157.
Colonies : Prix de vente des poudres aux C., *33, *39, *61, *64.
Commission de fabrication des poudres et explosifs de guerre : Instruction sur le dosage du perchlorate et du chlorate de potasse dans le salpêtre raffiné, 63.
Commission du grisou : Bourrage des coups de mine, 7.
Commission militaire de l'Exposition universelle de 1900 : Rapport sur les poudres et explosifs, 92.

Commission des substances explosives : RAPPORT sur le bourrage des coups de mine, 7. RAPPORT sur la fabrication d'explosifs chloratés, type Street, 22. RAPPORT sur le Prométhée, 39. Compte rendu des travaux de la C. pendant l'année 1900, 47; pendant l'année 1901, 220. Changements survenus dans le personnel de la C. pendant l'année 1900, 61; pendant l'année 1901, 228.

Compagnie céramique de Pouilly-sur-Saône et Belvoye : Poteries pour acides, 101.

Compagnie générale des asphaltes de France : Produits asphaltiques, 104.

Compagnie des glaces et verres spéciaux du Nord : Dalles et tuiles en verre, 105. Verre armé, 106.

Compagnie de Saint-Gobain : Dalles et tuiles en verre, 105. Opaline, 106. Verre armé, 106.

Compagnie parisienne des asphaltes : Acide phénique, 112.

Conseils d'hygiène, *40.

Conservation des explosifs dans les exploitations souterraines, *65, *70.

Cooppal et Cie : Poudres, 114, 127.

Corbin et Cie : Poudres chloratées. Voir *Street.* Celluloses, 111.

Cordite : Érosions produites par la C. Voir *Erosions.* Inflammation de C. en Angleterre, *3. C. anglaise, 118.

Coton-poudre de guerre de la *Skanska Bomullskrut Fabrik aktiebolaget,* 126.

Coups de mine : Bourrage, 7. Débourrage, 15.

Coutellier : Tuiles hydropyrofuges, 104.

Couvre-engrenages, 110.

Couvre-scie Fleuret, 110.

Crame-Delpire : Poteries pour acides, 102.

Creusot : Transport de munitions sur les navires, 56.

Cugny. V. *Société française des explosifs.* Voir *Dynamite.*

Dalles en verre, 105.

Dangers d'inflammation dans le bourrage des coups de mine, 18.

Débourrage des coups de mine, 15.

Decauville : Voies d'usine, 108.

Dehaitre : Turbines essoreuses, 93.

Deloye (général) : Président de la Commission militaire de l'exposition universelle de 1900, 92.

Détendeurs, 97.

Détonation des explosifs *Street* par le choc, 28. D. de la dynamite. Voir *Dynamite.*

Detourbe (Dr) : Appareils hygiéniques. 110.

Deutsche Steinzeugwaarenfabrik für Canalisation und Chemische Industrie : Poteries pour acides, 102.

Dinitronaphtaline, 147.

Direction I. et R. des établissements d'épreuves pour armes portatives (Autriche), 113.

Dorian : Régulateurs automatiques de température, 98.

Douilles pour cartouches de chasse : Amorçage, 71, 79. D. de la maison Eley, 78, 79.

Dupré (Dr) : Expériences sur l'acide picrique et les picrates, *92.

Dynamite : Dangers de bourrage, 18. Essais dans un trou de mine, 25. Essais sur blocs en plomb, 27. Détonation par choc, 28. Érosions produites par la D. Voir *Erosions.* RAPPORT sur une explosion de D. à Ablon, *14. RAPPORT sur une explosion de D. à Cugny, *18. Tableau des D. autorisées depuis 1897, *28.

Dynamite-gomme de sûreté NP. 50, NS. 50.
Dynamite-gomme de Cugny : Expériences de bourrage, 11. Érosions produites par la D. Voir *Érosions*.
Dynamite grisoutine : Expériences de bourrage, 11, 17.

Eau : Bourrage à l'E., 10.
Eley's douilles, 78, 79.
Embarquement des munitions sur les navires soumis au régime de l'émigration, 56. E. des poudres et munitions à bord des paquebots, 59.
Erosions produites par les explosifs, 157. Caractères des E., 158. Appareil d'épreuve des E., 166. Mode d'exécution des essais, 166. Mesure des E., 169. Mesure des pressions maxima et loi de leur développement, 169. Influence du diamètre du canal de fuite, 171. Influence de la longueur du canal de fuite, 172. Influence du débit des gaz, 173. Influence de la réitération des fuites gazeuses, 174. Influence de la pression, 177. Influence de la loi de combustion, 180. Étude des métaux au point de vue de la facilité d'E., 187. Influence de la nature de l'explosif sur les E., 193. Atténuation du pouvoir érosif, 198. Mécanisme de l'E., 201. Caractères physiques des grains érodés, 202. Analyse du phénomène d'E., 205. Propagation de l'E. dans un mur indéfini, 207. Phénomènes chimiques accompagnant l'E., 209.
Essai des poudres de chasse étrangères, 126.
Essoreuses, 92.
États-Unis d'Amérique : Exposition universelle, 118.
Explosifs : Conservation des E. dans les exploitations souterraines, *65, *70. Nomenclature des E. reconnus en Belgique, *9. Indication sur les cartouches de mine de la nature et du dosage de l'E. *24. Utilisation dans les coups de mine au point de vue du bourrage, 9. E. contre la grêle, 60. Érosions produites par les E. Voir *Erosions*.
Explosifs chloratés type Street. Voir *Street*.
Explosifs Favier : Expériences de bourrage, 11, 15, 17, 18.
Explosifs de sûreté à la nitronaphtaline, 154.
Explosion de cordite, *3; de dynamite, *14, *18; de grenoir à retour, *52; d'acide picrique, *78.
Exportation : Prix de vente des poudres pour l'E. *31, *36, *59. Conditions auxquelles sont livrées les poudres pour l'E., *36, *39. Modification de la composition des caisses de poudres de chasse pour l'E., *64.
Exposant de lenteur de la poudre, 130.

Fabrication des poudres : Participation de la marine à la F., *42.
Fabrique de cellulose de Waldhorf, 111.
Fatigue (*coefficient de*) d'une bouche à feu, 131.
Favier : Expériences de bourrage avec les explosifs F., 11, 15, 17, 18.
Fleuret : Couvre-scie F., 110.
Fonctions balistiques, 137, 140, 142.
Fontaines à gaz, 101.
A. Ford (Colonel) : Rapport sur une inflammation de cordite en Angleterre, *3.
Fouché : Tuyaux à ailettes et radiateurs, 97.
Fourneaux à pétrole, 100.
Frugier : Aluminite, 103.
Fumée : Poudres à faible F., 154.
Fûts démontables, 94.

Fûts : Appareil à laver les F., 95.

Garchey : Pierre de verre, 106.
Garde-corps, 110.
Golaz : Appareils enregistreurs, 112.
Golding : Machine G., 110.
Gourguichon : Parquets hydrofuges, 107.
Grande-Bretagne. Voir *Angleterre.*
Grèce : Exposition universelle, 119.
Grêle : Explosifs contre la G., 60; Tirs contre la grêle, *47, 127.
Grenoir à retour : Explosion de G. à Saint-Chamas, *52.
Grès armé de la Thonwaarenwerk Bettenhausen, 103.
Grisoutine : G. couche et roche Favier, expériences de bourrage, 11, 15, 17, 18.
Grouvelle et Arquembourg : Détendeurs, 97; Purgeurs, 97; Régulateurs de température, 99.

Hagron: RAPPORT sur les poudres et explosifs à l'Exposition universelle de 1900, 92.
Hamelle et Chedville : Brevets H., 105.
Heintz : Détendeurs, 97; Purgeurs, 97.
Helléniques : Poudreries H., 119.
Hignette : Essoreuse, 93.
Hongrie : Exposition universelle, 111.
Hygiène : Conseils d'H., *40.

Ichnusa : Poudre I., 119, 127.
Indemnité de maladie, *49, *50.
Inflammation par friction pendant le bourrage des coups de mine, 18; Retards d'I. des poudres pyroxylées de chasse, 71; Appareils électriques d'I., 113.
Instruction (D.) : Modification à l'I., *43.
Instruction sur le dosage du perchlorate et du chlorate de potasse dans le salpêtre raffiné, 63.
Italie : Exposition universelle, 119.

Jewleff : Brevet Prométhée, 39.

Kazan : Poudreries de K., 122.
Königliche Porzellan manufactur : Porcelaines pour usages chimiques, 103.

Lalune : RAPPORT sur l'embarquement des explosifs à bord des paquebots, 59.
Lamarre : Flambeaux, 227.
Laminoirs pour celluloïd, 94.
Lamotte : Fourneau à pétrole, 100.
Lamouroux : Bougies, 227.
Le Boulangé-Bréger : Chronographe, 113.
Lheure: RAPPORT sur l'étude du bourrage des coups de mine, 7; RAPPORT sur le Prométhée, 39; RAPPORT sur un nouvel explosif de la Société française des explosifs, 49; RAPPORT sur deux nouveaux types de dynamites dites *gommes de sûreté NP, NS,* 50; RAPPORT sur quatre nouveaux types de dynamites grisoutines, 51; RAPPORT sur la pyrodialyte, 53; RAPPORT sur une demande de la Société du Monobloc, 57.
Liège : Agglomérés, 103.
Liouville. RAPPORT sur l'emploi du rackarock en Nouvelle-Calédonie, 47. RE-

CHERCHES SUR LES RETARDS D'INFLAMMATION DES POUDRES PYROXYLÉES DE CHASSE, 71. PROPAGATION DE L'ÉROSION DANS UN MUR INDÉFINI, 207.
Lowe : Acide phénique, 112.
Lunettes d'atelier, 110.

Mahler : Bombe calorimétrique, 112.
Maladie : Indemnité de M., *49; Accouchements assimilés aux M., *50.
Manjoya-Oviedo : Poudrerie, 114.
Manomètre Sarrau et Vieille, 112.
Manufacture de glaces de Maubeuge : Dalles en verre, 105.
Marine : Participation de la M. à la fabrication des poudres, *42.
Mariolle-Pinguet : Essoreuses, 92.
Marot : Trieur à alvéoles, 95.
Matières dangereuses ou infectes : Transport des M., *26, *44, *46.
Masque respirateur, 111.
Mèches de sûreté : Visites périodiques des fabriques de M., *27.
Métal déployé, 110.
Métaux : Étude des M. au point de vue de la facilité d'érosion, 187; Action de l'acide picrique sur les M., *95.
Mexique : Exposition universelle, 119.
Mollet-Fontaine : Essoreuses, 92.
Monobloc (*Société du*) *:* Cartouches, 57.
Mononitronaphtaline. V. *Naphtalines nitrées.*
Monorail portatif Caillet, 109.
Monte-courroies, 110.
Montupet : Fûts démontables, 94.
Morin : RAPPORT sur la fabrication d'explosifs chloratés, type Street, 22; RAPPORT sur une explosion de dynamite à Ablon, *14; RAPPORT sur une explosion de dynamite à Cugny, *18.
Mullerite, 114, 127.

Naphtalines nitrées : Production des N., 147, 155, 156; Appareil de fabrication de la N. tétranitrée, 153; Prix de revient de la N. tétranitrée, 153; Applications de la N. tétranitrée, 154.
Nitrate de soude : Emploi du N. dans la préparation des nitronaphtalines, 156.
Nitroglycérine : Érosions produites par les poudres à la N., 157.
Nitroguanidine. Voir *Érosions.*
Nitromannite. Voir *Érosions.*
Nobel's explosives C° L^d : Poudres, 118.
Nocedal-Bilbao : Poudrerie, 114.
Normale : Poudre N., 123, 127.
Norvège : Exposition universelle, 111.

Ochta : Poudrerie, 122.
Opaline, 106.
Osmond : TREMPE SUPERFICIELLE DE L'ACIER SOUMIS A L'ACTION DES EXPLOSIFS, 211.
Otto-Pohlig : Chemin de fer sur câble, 108.
Ouvriers : Travail des femmes, filles et enfants, *20; Accidents du travail, *43; Indemnité de maladie, *49; Accouchements assimilés aux maladies, *50; Décompte des absences, *50.

Pains and Sons : Signaux et fusées, 119.

Paragrêle : Canon P., 127.
Pare-éclats, 110.
Parquets hydrofuges, 107.
Patart : PRODUCTION DES NITRONAPHTALINES, 147.
Perchlorate de potasse : Dosage du P. dans le salpêtre raffiné, 63.
Picrates : Expériences du Dr Dupré, *92.
Picrique (acide) : Explosion d'A. p. en Angleterre, *78; Liste des accidents causés par l'A. p. en Angleterre, *89; Expériences du Dr Dupré, *92; Action de l'A. p. sur les métaux, *95.
Pierre de verre, 106.
Pierucetti : Poudres, 119.
Pignons en cuir vert, 96.
Piles à papier, 103.
Polain : Banc d'épreuves des armes à feu, 115.
Porcelaines pour usages chimiques, 103.
Poteries pour acides, 101.
Poudreries : Pressburg, 113; Zamky, 113; Saint-Lambrecht, 113; Saubersdorf, 113; Manjoya-Oviedo, 114; Nocedal-Bilbao, 114; Tirgoviste, 114; Wetteren, 114; Clermont, 114; Gallicano, 119; Ochta, 122; Kazan, 122.
Poudres et explosifs à l'Exposition universelle de 1900, 111.
Poudres : Mise en vente des P. de guerre BN, *23; ÉROSIONS produites par les P. colloïdales, P. à la nitroglycérine, P. noires, Voir *Érosions.* P. de chasse ou de guerr e à la nitronaphtaline, 154; RETARDS D'INFLAMMATION DES P. PYROXYLÉES DE CHASSE, 71; VITESSES ET PRESSIONS DES POUDRES J., 68; Dangers du bourrage, 18; Embarquement des P. et munitions de guerre à bord des paquebots, 59; P. Bruneau, 112; P. autrichiennes, 113; P. belges, 114; P. anglaises, 116; P. américaines, 118; P. grecques, 119; P. italiennes, 119; P. mexicaines, 119; P. Portugaises, 122; P. russes, 122; P. suédoises, 123; P. normale, 123; Prix de vente des P., *21, *22, *31, *33, *36, *59, *61, *64.
Pouvoir érosif des explosifs. Voir *Érosions.*
Pressions : Loi des P. dans les bouches à feu, 129.
Pressions et vitesses des poudres. Voir *Vitesses.*
Primus : Fourneau à pétrole, 101.
Prix de revient des explosifs, type Street, 36.
Prix de vente des explosifs type Street, 37. Abaissement du P. des poudres de chasse non réglementaires, *21. P. en Corse des poudres de chasse noires, *22. P. du pulvérin en Tunisie, *30. P. des poudres pour l'exportation, *31, *36, *59, *64. P. des poudres livrées aux gouvernements des Colonies et pays de protectorat, *33, *61, *64.
Progressite, 113.
Prométhée, Composition, 39. Préparation, 40. Propriétés, 41. Pressions en vase clos, 41. Force, 42. Travail sous faible bourrage, 42. Travail dans un trou de mine, 42. Détonation à l'air libre, 44. Sensibilité au choc, 44.
Protecteurs (Appareils) contre les accidents du travail, 110.
Protectorats : Prix de vente des poudres dans les pays de P., *33, *61, *64.
Pulvérin : Prix de vente en Tunisie, *30.
Purgeurs automatiques, 97.
Pyrodialyte, 53.
Pyroxylées (Poudres), Voir *Poudres.*

Rackarock : Emploi du R. en Nouvelle-Calédonie, 47.

Radiateurs : 96.
Raon-l'Etape : Expériences sur le bourrage des coups de mine dans les carrières de R., 8.
Régulateurs automatiques de température, 98.
Retards d'inflammation des poudres pyroxylées de chasse, 71.
Rifleïte, 118, 127.
Robinets et valves, 103.
Russie : Exposition universelle, 111.

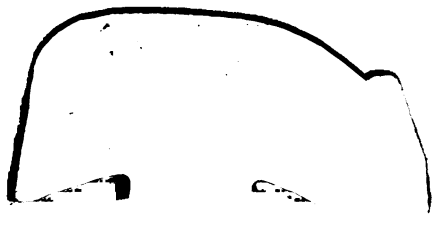
Sable : Bourrage des coups de mine avec du S., 10, 15, 17, 19.
Saint-Chamas : Explosion d'un grenoir, *52.
Salpêtre raffiné : Dosage du perchlorate et du chlorate de potasse dans le S., 63.
Sarrau : EXPÉRIENCES SUR LE BOURRAGE DES COUPS DE MINE, 8. Manomètres enregistreurs, 112.
Savage Arms C° : Poudres, 118.
Savage Rifle Powder, 118.
Schmidt : Chronographe à spirale, 112.
Schultze Gunpowder C° L^d : Poudres, 118.
Services : Décompte des absences dans la durée des S., *50.
Signaux et fusées, 119.
Simonet : Cellulose, 111.
Skanska Bomullskrut Fabriks Aktiebolaget : Coton-poudre.
Société anonyme des agglomérés du bassin de Charleroi : Acide phénique, 112.
Société anonyme Cooppal et C^ie : Poudres, 114.
Société anonyme des explosifs de Clermont, Muller et C^ie : Poudres, 114.
Société anonyme des matières colorantes et des produits chimiques de Saint-Denis : Acide phénique. 112.
Société anonyme des terres et produits réfractaires : Poteries pour acides, 102.
Société civile des mines de bitume et asphaltes du Centre : Produits asphaltiques, 104.
Société d'électrochimie : Pyrodialyte, 53.
Société française de constructions mécaniques : Essoreuses, 92.
Société française des explosifs : Nouvelle dynamite-gomme, 49. Gommes de sûreté NP, NS, 50. Dynamites grisoutines nouveaux types, 51.
Société française des munitions : Douilles pour cartouches de chasse, 17.
Société des lièges agglomérés, 103.
Société des lièges français, 103.
Société du monobloc : Classement d'une cartouche présentée par la S., 57.
Société de pavage et des asphaltes de Paris : Produits asphaltiques, 104.
Société parisienne d'exploitation des produits céramiques Garchey, 106.
Société sarde des matières explosives : Poudres, 119.
Solénite : Érosions produites par la S. Voir *Érosions.*
Street (*explosifs chloratés du type*) *:* Fabrication, 22. Propriétés, 24. Transmission de la détonation à l'air libre, 27. Détonation par choc, 28. Vitesse de combustion à l'air libre, 34. Conservation, 34. Dangers de la fabrication, 35. Dangers dans les transports, 35. Utilité de ces explosifs, 35. Force, 36. Prix de revient, 36. Prix de vente, 37.
Subérine : Liège, 103.
Sulfonitriques : Action des mélanges S. sur la dinitronaphtaline, 147.
Suède : Exposition universelle, 111.

Température de décomposition : Influence de la T. des explosifs dans les phénomènes d'érosion. Voir *Érosions.*
Température de fusion : Influence de la T. des métaux dans les phénomènes d'érosion. Voir *Érosions.*
Testet : Tuyaux en fonte garnis de verre, 106.
Tétranitronaphtaline. Voir *Naphtalines nitrées.*
Thomson (capitaine), RAPPORT SUR UNE EXPLOSION D'ACIDE PICRIQUE EN ANGLETERRE, *78.
Thonwaarenwerk Bettenhausen : Poteries pour acides, 102.
Tirgoviste : Poudrerie, 114.
Tirman : Appareils électriques pour l'inflammation des mines, 113.
Tonite, 115.
Transit des cheddites, 60.
Transport des explosifs type Street, 35. T. des munitions de guerre sur les navires soumis au régime de l'émigration, 56. T. des cartouches de la Société du monobloc, 57.
Transport des matières dangereuses ou infectes : *26, *44, *46.
Travail : Accidents du T., *43. T. des femmes, filles et enfants dans les établissements du service des Poudres et Salpêtres, *20.
Trempe superficielle de l'acier soumis à l'action des explosifs, 211.
Trieur à alvéoles, 95.
Trinitronaphtaline. Voir *Naphtalines nitrées.*
Tuiles hydropyrofuges, 104.
Tuiles en verre, 105.
Tunisie : Prix de vente du pulvérin en T., *30.
Turbines essoreuses, 92.
Tuyaux à ailettes, 96.
Tuyaux en fonte garnis de verre, 106.

Usines et soies de Fismes : Cellulose, 112.

Vallier : LOI DES PRESSIONS DANS LES BOUCHES A FEU, 129.
Valves et robinets Bergmann, 103.
Vermorel : Canon paragrêle, 127.
Verre : Dalles en V., 105. Tuiles en V., 105. Pierre de V., 106. Opaline, 106. V. armé, 106.
Vêtements incombustibles, 105.
Vieille : ÉTUDE SUR LES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION PRODUITS PAR LES EXPLOSIFS, 157. Manomètres enregistreurs, 112.
Vitesses et pressions développées par les poudres de chasse pyroxylées dans les armes de chasse (suite), 68. V. et P. des poudres de chasse étrangères, 126.
Vitesse de combustion des explosifs, type Street, à l'air libre, 34.
Voies d'usines, 108.

Wagner : Amorces, 60.
Waldhof : Cellulose, 111.
Weber et Mathon : Protecteur W., 110.
Weitz : Voies d'usines, 108.

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS,
3051. quai des Grands-Augustins, 55.

d. i. z. $\frac{11}{4}$. (1)